

**CHEMOMECHANICAL MATERIAL, AND COMPOSITION AND METHOD FOR PRODUCING THE SAME**

Patent Number: JP8253519  
Publication date: 1996-10-01  
Inventor(s): TAJIMA NOBUYOSHI  
Applicant(s): OLYMPUS OPTICAL CO LTD  
Requested Patent: ☐ JP8253519  
Application Number: JP19950054387 19950314  
Priority Number(s):  
IPC Classification: C08F2/48 ; C08L33/26  
EC Classification:  
Equivalents:

**Abstract**

**PURPOSE:** To obtain a compsn. which polymerizes quickly, is easily photopolymerizable, and is useful for producing a chemomechanical material.

**CONSTITUTION:** This compsn., for producing a chemomechanical material which exhibits a mechanical deformation caused by a chemical change, comprises a free-radical-polymerizable monomer (A) at least having an ionic group, a monomer (B) having at least two free-radical-polymerizable groups, a compd. capable of neutralizing the ionic group of monomer A, and a photopolymn. initiator.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

ATTORNEY DOCKET NUMBER: 9584-039-999  
SERIAL NUMBER: 10/629,524  
REFERENCE: B08

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-253519

(43) 公開日 平成8年(1996)10月1日

| (51) Int.Cl. <sup>6</sup> | 識別記号  | 庁内整理番号 | F I           | 技術表示箇所 |
|---------------------------|-------|--------|---------------|--------|
| C 0 8 F 2/48              | M D J |        | C 0 8 F 2/48  | M D J  |
| C 0 8 L 33/26             | L J V |        | C 0 8 L 33/26 | L J V  |

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 35 頁)

|           |                 |          |   |
|-----------|-----------------|----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願平7-54387      | (71) 出願人 | 000000376<br>オリンパス光学工業株式会社<br>東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 |
| (22) 出願日  | 平成7年(1995)3月14日 | (72) 発明者 | 田島 信芳<br>東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ<br>ンパス光学工業株式会社内   |
|           |                 | (74) 代理人 | 弁理士 鈴江 武彦                                       |

(54) 【発明の名称】 ケモメカニカル材料、及びケモメカニカル材料作成用の配合組成物、及びケモメカニカル材料の作成方法

(57) 【要約】

【目的】 重合速度が速く光照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料作成用の配合組成物とその配合組成物を使用したケモメカニカル材料の製造方法を提供すること。

【構成】 本発明は、化学的变化により、機械的変形を生じるケモメカニカル材料に関する。特に、ケモメカニカル材料の材料組成と作成方法に関する。本発明に従った配合組成物の一例は、少なくともイオン基を有するラジカル重合性単量体と、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体と、該ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物と、光重合開始剤とを配合したことを特徴とするケモメカニカル材料作成用の配合組成物である。更に、本発明は、該配合組成物を使用したケモメカニカル材料の作成方法を提供する。

## 【特許請求の範囲】

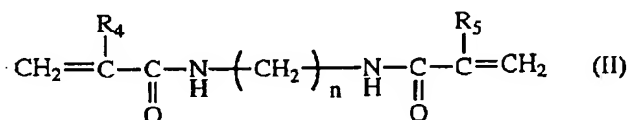
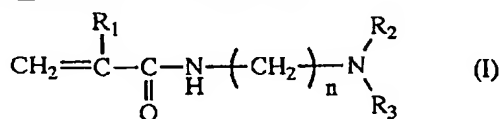
【請求項1】 化学エネルギーを力学エネルギーに変換するケモメカニカル材料を作成するための配合組成物であって、少なくともイオン基を有するラジカル重合性単量体と、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体と、該ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物と、光重合開始剤とを配合したことを特徴とするケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【請求項2】 化学エネルギーを力学エネルギーに変換するケモメカニカル材料を作成するための配合組成物であって、少なくともイオン基を有するラジカル重合性単\*

\* 量体と、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体と、水溶性高分子と、重合開始剤とを配合したことを特徴とするケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【請求項3】 化学エネルギーを力学エネルギーに変換するケモメカニカル材料を作成するための配合組成物であって、一般式(I)で示されるN, N-ジアルキルアミノアルキル(メタ)アクリルアミドと、一般式(II)で示されるN, N'-ポリメチレンビスアクリルアミドと、光重合開始剤とを配合したことを特徴とするケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【化1】

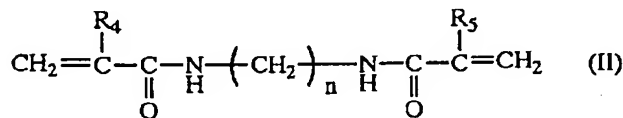
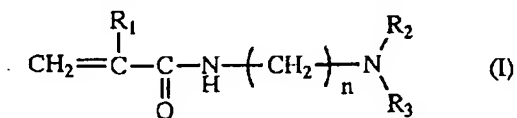


但し、R<sub>1</sub>、R<sub>4</sub>及びR<sub>5</sub>は水素若しくはメチル基であり、R<sub>2</sub>及びR<sub>3</sub>は独立に水素若しくは低級アルキル基であり、nは1から5の整数である。

【請求項4】 化学エネルギーを力学エネルギーに変換するケモメカニカル材料を作成するための配合組成物であって、少なくとも一般式(I)で示されるN, N-ジ※

※アルキルアミノアルキル(メタ)アクリルアミドと、一般式(II)で示されるN, N'-ポリメチレンビスアクリルアミドと、イオン基を持たない水溶性ラジカル重合性単量体と、光重合開始剤とを配合したことを特徴とするケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【化2】



但し、R<sub>1</sub>、R<sub>4</sub>及びR<sub>5</sub>は水素若しくはメチル基であり、R<sub>2</sub>及びR<sub>3</sub>は独立に水素若しくは低級アルキル基であり、nは1から5の整数である。

【請求項5】 化学エネルギーを力学エネルギーに変換するケモメカニカル材料を作成するための配合組成物であって、少なくともイオン基を有する水溶性高分子と、イオン基を持たない水溶性のラジカル重合性単量体と、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体と、光重合開始剤とを配合したことを特徴とするケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【請求項6】 化学エネルギーを力学エネルギーに変換するケモメカニカル材料を作成するための配合組成物であって、少なくともイオン基を有する水溶性高分子と、水溶性の多官能オリゴマーと、光重合開始剤とを配合し

たことを特徴とするケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、化学的变化により、機械的変形を生じるケモメカニカル材料に関する。特に、ケモメカニカル材料の材料組成と作成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、医療機器や産業用ロボット、マイクロマシンなどの分野において、小さく、軽く、柔軟性に富むアクチュエータとして、ケモメカニカル(メカノケミカルとも言う)材料を使ったケモメカニカルアクチュエータが注目されている。ここで、ケモメカニカル材料とは、熱変化、イオン濃度変化、電気、溶媒組成変

化、光などの刺激によって、膨潤、収縮を起こし、機械的変形を起こす材料をいい、具体的には高分子ゲル材料がその特性を有する。高分子ゲルとは架橋によって三次元化した高分子が、溶媒によって膨潤したものを言う。これらケモメカニカル材料を利用したアクチュエータをケモメカニカルアクチュエータといい、例えば「樋口俊郎、生田幸士編集：マイクロメカニカルシステム実用化総覧、フジ・テクノシステム、p438～447」に詳しく説明されている。

【0003】ケモメカニカル材料の作成方法としては、  
10 水溶性ポリマーの水溶液を凍結と解凍を繰り返すことによって作成する方法、水溶性の単量体を熱重合する方法、水溶性の単量体を光重合する方法、水溶性単量体をプラズマ重合する方法、水溶性高分子に放射線を照射する方法、水溶性の光架橋型高分子に光を照射する方法などが公知であり、例えば、「山内愛造、廣川能嗣、機能性ゲル、共立出版、p16～40」に詳しく紹介されている。

【0004】これらの作成方法の中でも光の照射によって作成する方法は、複雑な加工や微小化に適している点  
20 でケモメカニカルアクチュエータの材料作成に適している。また、光照射を用いると、低温で反応が進行するため生体資料の固定化に好都合である。

【0005】光照射によって三次元化する高分子は多くの種類が知られており、多様な応用へ利用されている。しかし、これらは画像形成や光硬化を主な目的とするもので、ケモメカニカル材料に適したものは非常に限られている。

【0006】この光照射による三次元化架橋構造を有する高分子の作成方法は公知であり、ラジカル重合性単量体とラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体を  
30 光照射により重合しながら架橋する方法と、あらかじめ合成された直鎖高分子を光照射により架橋する方法とに分けられる。前者の方法によるケモメカニカル材料の作成例は、例えば、特開昭60-88112号公報に示されており、簡便にケモメカニカル繊維を製造することを目的としたものである。該公報には、(メタ)アクリルアミドとN、N'-ビス(メタ)アクリルアミドと(メタ)アクリル酸とを光照射することによって作成したケ  
40 モメカニカル繊維とその作成方法が開示されている。ここでは、あらかじめ配合組成物に光を照射させ、一時ゲル状になるまで反応させた後、射出または引き上げ法により繊維状に加工し、次に充分な光を照射させて目的物を作成する方法が紹介されている。また、後者の方法によるケモメカニカル材料の作成例としては、例えば、

「山内愛造、廣川能嗣、機能性ゲル、共立出版、p16～40」に示される方法がある。ここでは、四級スチルバゾリウム基を導入したポリビニルアルコールを光照射する方法が示されている。

【0007】しかしながら、上記特開昭60-8811 50

2号公報のケモメカニカル材料の作成方法は、繊維状のケモメカニカル材料の作成方法に限定され、材料組成が記載の成分に限定されること、また光照射によって重合するものではあるが、あらかじめ光照射によってゲル状になるまで反応させてから繊維状にし、再び光照射して重合させるため重合から終了まで二行程を要する。また、材料強度に関する記載はない。

【0008】また、上記「山内愛造、廣川能嗣、機能性ゲル、共立出版、p16～40」のケモメカニカル材料では、材料が記載のものに限定されること、また反応速度が遅いこと、更には強酸の溶液中ではケモメカニカル材料のアセタール部分が分解してしまうなどの問題点を有する。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記課題を解決すべくなされたもので、その目的は、重合速度が速く光照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料作成用の配合組成物とその配合組成物によるケモメカニカル材料の製造方法、及び材料強度が強く、弾性率が高い、光重合可能なケモメカニカル材料作成用の配合組成物とその配合組成物によるケモメカニカル材料の製造方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記課題は、以下の(A)から(F)に対応する第一の側面から第六の側面によって解決される。

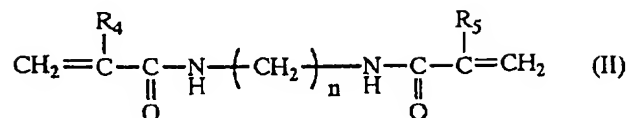
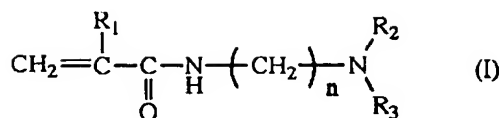
【0011】(A) 化学エネルギーを力学エネルギーに変換するケモメカニカル材料を作成するための配合組成物であって、少なくともイオン基を有するラジカル重合性単量体と、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体と、該ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物と、光重合開始剤とを配合したことを特徴とするケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0012】(B) 化学エネルギーを力学エネルギーに変換するケモメカニカル材料を作成するための配合組成物であって、少なくともイオン基を有するラジカル重合性単量体と、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体と、水溶性高分子と、重合開始剤とを配合したことを特徴とするケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0013】(C) 化学エネルギーを力学エネルギーに変換するケモメカニカル材料を作成するための配合組成物であって、少なくとも一般式(I)で示されるN、N'-ジアルキルアミノアルキル(メタ)アクリルアミドと、一般式(II)で示されるN、N'-ポリメチレンビスアクリルアミドと、光重合開始剤とを配合したことを特徴とするケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

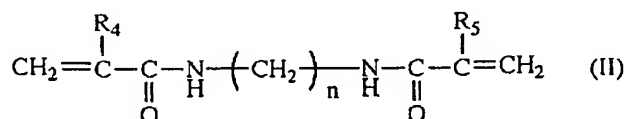
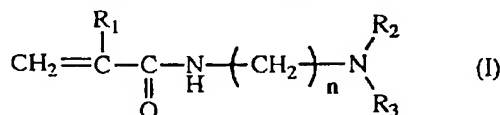
【0014】

【化3】



但し、 $\text{R}_1$ 、 $\text{R}_4$  及び  $\text{R}_5$  は水素若しくはメチル基であり、 $\text{R}_2$  及び  $\text{R}_3$  は独立に水素若しくは低級アルキル基であり、 $n$  は1から5の整数である。

【0015】(D) 化学エネルギーと力学エネルギーに変換するケモメカニカル材料を作成するための配合組成物であって、少なくとも一般式(I)で示されるN、N'-ジアルキルアミノアルキル(メタ)アクリルアミド\*



但し、 $\text{R}_1$ 、 $\text{R}_4$  及び  $\text{R}_5$  は水素若しくはメチル基であり、 $\text{R}_2$  及び  $\text{R}_3$  は独立に水素若しくは低級アルキル基であり、 $n$  は1から5の整数である。

【0017】(E) 化学エネルギーを力学エネルギーに変換するケモメカニカル材料を作成するための配合組成物であって、少なくともイオン基を有する水溶性高分子と、イオン基を持たない水溶性のラジカル重合性単量体と、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体と、光重合開始剤とを配合したことを特徴とするケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0018】(F) 化学エネルギーを力学エネルギーに変換するケモメカニカル材料を作成するための配合組成物であって、少なくともイオン基を有する水溶性高分子と、水溶性の多官能オリゴマーと、光重合開始剤とを配合したことを特徴とするケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0019】以下に本発明を更に詳細に説明する。

【0020】本発明の第一の側面は、少なくともイオン基を有するラジカル重合性単量体と、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体と、該ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物と、光重合開始剤とを配合したことを特徴とするケモメカニカル材料作成用の配合組成物である。

【0021】イオン基を有するラジカル重合性単量体

10\*と、一般式(II)で示されるN、N'-ポリメチレンビスアクリルアミドと、イオン基を持たない水溶性ラジカル重合性単量体と、光重合開始剤とを配合したことを特徴とするケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0016】

【化4】

30 には、分子内にカチオンまたはアニオンを発生しうる基を含有し、少なくとも1個以上のラジカル重合性官能基を含有する単量体である。従って、「イオン基を有する」とは、分子内に少なくとも1つのカチオンまたはアニオンを発生しうる基を有することを意味する。該酸性基若しくは塩基性基は、例えばカルボキシ基、スルホン酸基、リン酸基、3級アミン、水酸化4級アミン、スルホニウム基などのイオン基であり、好ましくは、カルボキシ基、スルホン酸基、三級アミン、水酸化四級アミン基である。

【0022】本発明において、ラジカル重合性官能基とは、光照射によるラジカル反応の連鎖を持続させ、重合鎖を伸長しうる基であり、例えば二重結合のような不飽和結合を有する不飽和炭化水素基を例に挙げることができる。

【0023】本願発明で使用しうるイオン基を有するラジカル重合性単量体は、例えば、アクリル酸、メタクリル酸、ビニル酢酸、スチレンスルホン酸、無水マレイン酸、2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸、N、N'-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド、N、N'-ジメチルアミノエチルアクリレート、N、N'-ジメチルアミノエチルメタクリレートなどがある。

【0024】本発明においては、イオン基を有するラジカル重合性単量体は、単一であっても複数の混合物であっ

てもよい。

【0025】ラジカル重合性官能基を2つ以上有する単量体とは、不飽和炭化水素基を2個以上有する単量体をいう。この化合物は、主に光重合によって橋架をする架橋材の役割を担っている。本発明で使用するラジカル重合性の官能基は、例えば、N-N'-メチレンビスアクリルアミド、エチレングリコールジアクリレート、エチレングリコールジメタクリレート、ポリエチレングリコールジアクリレート、ポリエチレングリコールジメタクリレート、トリメチロールプロパントリアクリレート、ネオペンチルグリコールジアクリレート、テトラメチロールメタンテトラアクリレート、2,2-ビス[4-(アクリロキシエトキシ)フェニル]プロパン、グリセロールジアクリレート、グリセロールジメタクリレート、1,4-ブタンジオールジアクリレート、1-4-ブタンジオールジメタクリレート、ペンタエリスリトールトリアクリレートなどがある。

【0026】前記イオン基を有するラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物とは、該ラジカル重合性単量体のイオン基が酸性のイオン基であればアルカリ性を示す化合物をいい、該ラジカル重合性単量体のイオン基がアルカリ性のイオン基であれば酸性を示す化合物をいう。これらの化合物を本発明の配合組成物に加えるのは、前記イオンを有するラジカル重合性単量体のpHを所定の範囲に保つためである。これは、pH値が小さすぎると重合速度が遅くなり、pH値が大きくなりすぎると多量の水を配合しないと配合組成物に沈殿が生じるためである。本発明の配合組成物のpHは4~7であることが好ましい。配合組成物が中性に近づくことによってラジカルの発生が阻害されず、速やかに反

応が進むことが推定される。

【0027】イオン基を有するラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物は、酸性若しくはアルカリ性を示す化合物であれば特に限定されず、有機化合物又は無機化合物の何れからでも選択しうる。例えば、イオン基を有するラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物は、ラジカル重合性単量体がアクリル酸のような酸性基を有する化合物であればアルカリ性の水酸化ナトリウムやアミンなどから選択され、ラジカル重合性単量体がN,N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミドのような塩基性基を有する化合物であれば酸性の塩酸や酢酸などから選択される。該化合物に無機化合物を用いる場合は、あらかじめ水に溶解してから配合した方が配合しやすい。

【0028】光重合開始剤は、光照射によってラジカルが発生する化合物から選択される。特に、水溶性の光重合開始剤又は常温で液体状の光重合開始剤が望ましい。

【0029】このような光開始剤の例には、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン、1-[4-(2-ヒドロキシエトキシ)-フェニル]-

2-ヒドロキシ-2-メチル-1-プロパン-1-オン、(2-アクリロイルオキシ)(4-ベンゾイルベンジル)ジメチル臭化アンモニウム、2-(3-ジメチルアミノ-2-ヒドロキシプロポキシ)-3,4-ジメチル-9H-チオキサントン-9-オンメソクロライド、(4-ベンゾイルベンジル)塩化トリメチルアンモニウムがある。

【0030】該配合組成物の配合比は、ラジカル重合性単量体に対してラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体は0.5~5mol%、光重合開始剤は0.01~5mol%の範囲であることが望ましい。ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体が0.5mol%未満の場合、ケモメカニカル材料の材料強度が非常に弱くなる。一方、5mol%よりも多量の場合はケモメカニカル材料の伸縮率が小さくなり、膨潤する際ケモメカニカル材料に亀裂が入り崩壊しやすくなる。また、光重合開始剤が0.001mol%未満の場合は重合速度が遅く、5mol%よりも多量の場合は重合度が低下する。該ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物の配合比は、該化合物が無機化合物の場合は配合組成物のpHが4~7の範囲になるように配合することが望ましい。pHが4より小さい場合は重合速度が遅く、pHが7を越えると多量の水を配合させないと配合組成物に沈殿が生じてしまい材料強度が弱くなる。また、該化合物が有機化合物の場合は、配合組成物中の含有量が1~50mol%の範囲になるように配合することが望ましい。含有量が1mol%未満では重合速度が遅く、50mol%を越えると配合組成物のラジカル重合性単量体含有濃度が薄くなるため材料強度が弱くなる。

【0031】本発明の第一の側面のケモメカニカル材料作成用配合組成物を用いると、重合速度が速く、光照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料作成用配合組成物が得られる。

【0032】次に、本発明の第二側面について説明する。

【0033】本発明の第二の側面は、少なくともイオン基を有するラジカル重合性単量体と、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体と、水溶性高分子と、重合開始剤とを配合したことを特徴とするケモメカニカル材料作成用の配合組成物である。

【0034】イオン基を有するラジカル重合性単量体とラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体は、上記本発明の第一の側面で示したものと同様の化合物を用いることができる。また、これらの配合比も上記第一の側面で示した配合比と同じである。

【0035】本発明で使用する水溶性高分子は、ケモメカニカル材料を作成するときの基材となるものであり、該水溶性高分子とラジカル重合性単体が三次元架橋する。

【0036】水溶性高分子は、イオン基を持たない水溶性高分子、又はイオン基を有する水溶性高分子を用いることができる。イオン基を有する水溶性高分子を用いる場合は、ラジカル重合性単体のイオン基と同種の電荷のイオン基であることが望ましい。ラジカル重合性単体のイオン基と反対電荷のイオン基を有する水溶性高分子を用いると、イオン基同士がコンプレックスを作ってしまう、配合組成物に沈殿が生じる、またはケモメカニカル材料の伸縮率が小さくなる、等の問題が生じるためである。また、材料強度が高まるため、重合度の高い水溶性高分子の方が望ましい。

【0037】水溶性高分子の配合比は、配合組成物中の水溶性高分子の濃度が50wt%以下であり、好ましくは1~25wt%の範囲である。

【0038】水溶性高分子は特に限定されず、ポリビニルアルコール、ポリエチレングリコール、ゼラチン、ポリアクリルアミド、ポリ-N-イソプロピルアクリルアミド、ポリアクロイルモルフォリン、ポリビニルピロリドン、ポリ-2-ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、ポリ-グリセロール(メタ)アクリレートなどのイオン基を持たない水溶性高分子と、ポリエチレンスルホン酸、ポリビニル硫酸、ポリスチレンスルホン酸、カルボキシメチルセルロース、コンドロイチン硫酸、デキストラン硫酸、硫酸セルロース、ポリアリルアミン、ポリアクリル酸、ポリ-2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸、ポリ-N, N-ジメチルアミノエチルアクリレート、ポリ-N, N-ジメチルアミノエチルメタクリレート、ポリ-N, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド、ポリ-3-アクリルアミドプロピルトリメチルアンモニウムクロライド、ポリ-2-アクリロイルオキシエチルトリメチルアンモニウムクロライドなどのイオン基を有する高分子のどちらの高分子でも用いることができる。

【0039】重合開始剤は、光または熱によってラジカルを発生する化合物の中から選択される。光によってラ\*

\*ジカルを発生する化合物としては、上記本発明の第一の側面で説明したラジカル重合剤がある。また、熱によってラジカルを発生する化合物としては、2, 2'-アゾビス(2-アミノプロパン)二塩酸塩、2, 2'-アゾビス(イソブチロニトリル)、ペルオキシ二硫酸アンモニウムがある。

【0040】ここで、光重合開始剤は、「分子内結合開裂型」と「分子間水素引き抜き型」の二つに分けられる。分子内結合開裂型とは、三重項状態にある光開始剤分子自身が分子開裂してラジカルを生成するものである。一方、分子間水素引き抜き型とは、三重項状態にある光開始剤が水素供与体(光重合促進剤)とコンプレックスを作り、水素原子が光開始剤分子へ分子間移動してラジカルを作るものである。

【0041】本側面においては種々のラジカル重合開始剤を用いることができるが、光重合開始剤が好ましく、分子内結合開裂型の光重合開始剤であることが好ましい。

【0042】本発明の第二の側面で使用しうる重合開始剤の配合量は0.01~5mol%の範囲であり、好ましくは0.1~5mol%の範囲であり、特に好ましくは1~3mol%の範囲である。

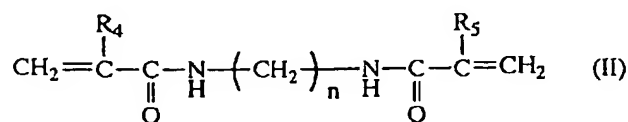
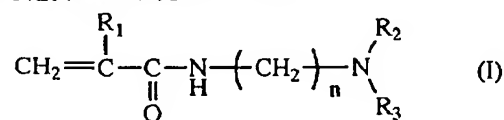
【0043】本発明の第二の側面によれば、弾性率が大きく材料強度の強いケモメカニカル材料を得ることができる。

【0044】次に本発明の第三の側面を説明する。

【0045】本発明の第三の側面は、少なくとも一般式(I)で示されるN, N-ジアルキルアミノアルキル(メタ)アクリルアミドと、一般式(II)で示されるN, N'-ポリメチレンビスアクリルアミドと、光重合開始剤とを配合したことを特徴とするケモメカニカル材料作成用の配合組成物である。

【0046】

【化5】



但し、R<sub>1</sub>、R<sub>4</sub>及びR<sub>5</sub>は水素若しくはメチル基であり、R<sub>2</sub>及びR<sub>3</sub>は独立に水素若しくは低級アルキル基であり、nは1から5の整数である。

【0047】一般式(I)においてR<sub>1</sub>は、水素若しくはメチル基であり、R<sub>2</sub>及びR<sub>3</sub>は独立に水素若しくは低級アルキル基である。

【0048】一般式(II)においてR<sub>4</sub>及びR<sub>5</sub>は、水素若しくは低級アルキル基である。

【0049】本発明において、低級アルキル基とは炭素数1から4の直鎖若しくは分岐鎖アルキル基を意味し、具体的には、メチル、エチル、n-プロピル、イソプロピル、n-ブチル、sec-ブチル、tert-ブチル

11

等である。上記一般式(I)において、 $R_2$ 及び $R_3$ は低級アルキル基であることが好ましく、この場合、該基はメチル基若しくはエチル基であることが特に好ましい。

【0050】更に、本発明において、式(I)及び式(II)の化合物の $n$ は、1から5の整数である。特に $n$ は1から3が好ましい。本発明のケモメカニカル材料の強度を高く保つためには、 $n$ はなるべく小さい方が好ましい。

【0051】従って、一般式(I)の化合物は、N, N-ジアルキルアミノアルキル(メタ)アクリルアミドであることが好ましく、N, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミドであることが特に好ましい。また、一般式(II)の化合物は、N, N'-ポリメチレンビスアクリルアミドであることが好ましく、N, N'-メチレンビスアクリルアミドであることが特に好ましい。

【0052】重合開始剤は、上記本発明の第一の側面を示した重合開始剤を用いることができるが、分子内結合型の光重合開始剤が好ましく、特に重合開始剤が、ベンゾフェノン、2, 2-ジメトキシ-1, 2-ジフェニルエタン-1-オン、1-ヒドロキシシクロヘキシルフェニルケトン、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン、2, 4, 6-トリメチルベンゾイルジフェニルフォスホンオキシド、1-[4-(2-ヒドロキシエトキシ)-フェニル]-2-ヒドロキシ-2-メチル-1-プロパン-1-オンから選択されることが好ましい。

【0053】該重合開始剤の配合量は、0.01~5mol%の範囲であり、好ましくは0.1~5mol%の範囲であり、特に好ましくは1~3mol%の範囲である。

【0054】ケモメカニカル材料を作成するための配合組成物を、N, N-ジアルキルアミノアルキル(メタ)アクリルアミドとN, N'-ポリエチレンビスアクリルアミドにしたことにより、ケモメカニカル材料の重合速度が高速化され、重合速度が速く光照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料が得られる。また、ラジカル重合性単体のイオン基を中和する作用を有する化合物を含有すること無くケモメカニカル材料の光重合が可能となる。

【0055】次に、本発明の第四の側面について説明する。

【0056】第四の側面では、少なくとも上記一般式(I)で示されるN, N-ジアルキルアミノアルキル(メタ)アクリルアミドと、上記一般式(II)で示されるN, N'-ポリメチレンビスアクリルアミドと、イオン基を持たない水溶性ラジカル重合性単体と、光重合開始剤とを配合したことを特徴とするケモメカニカル材料作成用の配合組成物が提供される。

【0057】一般式(I)及び(II)の化合物及び光重

12

合開始剤は、上記第三の側面で説明したとおりであり、配合量も同様である。

【0058】水溶性ラジカル重合性単体は、アクリルアミド、2-ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、グリセロール(メタ)アクリレートから選ばれる1種以上の単体である。

【0059】水溶性ラジカル重合性単体はラジカル重合性単体に対して20~50mol%の範囲であることが望ましい。20mol%未満では水溶性ラジカル重合性単体を配合させた効果が小さく、50mol%より多量ではケモメカニカル材料中のイオン基の濃度が小さくなるため応答速度が遅くなる。

【0060】本配合組成物は、水溶性高分子を含有しなくとも弾性率が大きく材料強度の強いケモメカニカル材料を提供することができる。また、配合組成物中に高分子を含んだものよりも配合組成物の粘度が低くなるので配合組成物の取り扱いが容易になる。

【0061】次に、本発明の第五の側面について説明する。

【0062】第五の側面では、少なくともイオン基を有する水溶性高分子と、イオン基を持たない水溶性のラジカル重合性単体と、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単体と、光重合開始剤とを配合したことを特徴とするケモメカニカル材料作成用の配合組成物が提供される。

【0063】イオン基を有する水溶性高分子は、ポリエチレンスルホン酸、ポリビニル硫酸、ポリスチレンスルホン酸、カルボキシメチルセルロース、コンドロイチン硫酸、デキストラン硫酸、硫酸セルロース、ポリアリルアミン、ポリアクリル酸、ポリ-2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸、ポリ-N, N-ジメチルアミノエチルアクリレート、ポリ-N, N-ジメチルアミノエチルメタクリレート、ポリ-N, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド、ポリ-3-アクリルアミドプロピルトリメチルアンモニウムクロライド、ポリ-2-アクリロイルオキシエチルトリメチルアンモニウムクロライドなどの高分子から選択され、イオン基の種類は特に限定されないが、重合度の高い高分子の方が望ましい。水溶性ラジカル重合性単体は、感光性樹脂として広く用いられている単体で水溶性のものの中から選択される。例えば、アクリロイルモルフォリン、2-ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、エチレングリコール(メタ)アクリレート、アクリルアミド、グリセロール(メタ)アクリレート、ビニルピロリドン、N-イソプロピルアクリルアミド、2-ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、2-ヒドロキシプロピル(メタ)アクリレート、モルフォリノエチル(メタ)アクリレート、(メタ)アクリル酸メチル、(メタ)アクリル酸エチルなどを挙げるができる。ラジカル重合性官能基を2個以上有する単体は、上記第一の発明で挙げ



た化合物同様の化合物を挙げることができる。

【0064】光重合開始剤は、光照射によってラジカルを発生する化合物から選択される。特に、水溶性の光重合開始剤が常温で液体状の光重合性開始剤の方が望ましい。

【0065】配合組成物の配合比は、イオン基を持たない水溶性のラジカル重合性単量体に対してラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体は0.5~5mol%、光重合開始剤は0.01~5mol%の範囲であることが望ましい。ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体が0.5mol%未満の場合では、ケモメカニカル材料の材料強度が非常に弱くなる。一方、5mol%よりも多量の場合はケモメカニカル材料の伸縮率が小さくなり、膨潤する際ケモメカニカル材料に亀裂が入り崩壊しやすくなるなどの問題が生じる。また、光重合開始剤が0.001mol%未満の場合は重合速度が遅く、5mol%よりも多量の重合度が低下する。また、イオンを有する水溶性高分子の配合比は、配合組成物中の水溶性高分子の濃度が5wt%以下であって配合組成物中に沈殿が生じない範囲で多量に配合することが望ましい。

【0066】本発明の材料組成にすることにより、イオン基を有する水溶性高分子を基材としてラジカル重合性単量体が三次元架橋するため、弾性率が大きく材料強度の強いケモメカニカル材料となる。

【0067】次に、本発明の第六に側面について説明する。

【0068】第六の側面では、少なくともイオン基を有する水溶性高分子と、水溶性の多官能オリゴマーと、光重合開始剤とを配合したことを特徴とするケモメカニカル材料作成用の配合組成物が提供される。

【0069】イオン基を有する水溶性高分子は、上記第五の側面で説明した化合物がそのままではまる。

【0070】本発明において、多官能性オリゴマーとは、ラジカル重合性官能基を二つ以上有する化合物であって構造単位の繰り返し数（重合度）が2~30の範囲である化合物をいう。

【0071】水溶性の多官能オリゴマーは、ポリエーテルタイプの多官能オリゴマーで水溶性の化合物の中から選択される。特に、柔軟で強靱な特性を有するウレタン系のオリゴマーが望ましい。多官能オリゴマーの官能基数は、その数が多いほど材料強度が高くなるがケモメカニカル材料としての伸縮率が低下するので、その数は2~4の範囲が望ましい。

【0072】光重合開始剤は、光照射によってラジカルを発生する作用を有する化合物から選択される。特に、水溶性の光重合開始剤が常温で液体状の光重合性開始剤の方が望ましい。具体的には、上記第一の側面で示した化合物を挙げることができる。

【0073】本発明の材料組成にすることにより、イオ

ン基を有する水溶性高分子を基材として多官能オリゴマーが三次元架橋するため、弾性率が大きく材料強度の強いケモメカニカル材料となる。

【0074】更に、第七の側面では、上記各配合組成物を用いたケモメカニカル材料の製造方法が提供される。以下に上記第一の側面の配合組成物を例に取り説明する。

【0075】少なくともイオン基を有するラジカル重合性単量体と、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体と、該ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物と、光重合開始剤を上記第一の側面で説明した配合量の範囲内でイオン交換水を用いて混合し、配合組成物を調製する。該配合組成物のpHは4~7に調整されている。該配合組成物をポリエチレン性の容器（例えば、0.5mlの容器）に入れ、容器の上部から超高圧水銀灯を用いて光照射（光度は、例えば5mW/cm<sup>2</sup>とすることが可能である。）することにより、配合組成物は重合させ硬化物を得る。硬化物はイオン交換水に浸漬すると、膨潤し、水溶液のイオン濃度やpHによって伸縮するケモメカニカル材料となる。

【0076】得られたケモメカニカル材料の伸縮、弾性率と圧縮強度の測定を行い、ケモメカニカル材料の評価を行う。

【0077】

【作用】本発明の第一の側面の配合組成物を例に取り説明する。

【0078】イオン基を有するラジカル重合性単量体、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体、光重合開始剤、ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物を、イオン交換水と混合した配合組成物を調製する。該配合組成物をポリエチレン性の容器に入れ、容器の上部から超高圧水銀灯を用いて光照射する。これにより、配合組成物は重合し硬化物となる。該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、体積が膨潤し、水溶液のイオン濃度やpHによって伸縮するケモメカニカル材料となる。

【0079】本発明の他の側面についても同様にケモメカニカル材料を作成することができる。

【0080】

【実施例】

実施例1

イオン基を有するラジカル重合性単量体としてアクリル酸（和光純薬工業）を、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてN,N'-メチレンビスアクリルアミド（和光純薬工業）を、光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン（チバガイギー）を、ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物として水酸化ナトリウム（和光純薬工業）を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0081】アクリル酸0.1mol、N、N'-メチレンビスアクリルアミド0.001mol、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン0.003mol、水酸化ナトリウム0.08mol、イオン交換水10gを混合した配合組成物5を調製した。該配合組成物のpHは5であった。該配合組成物5をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高压水銀灯を用い5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。20秒の照射により、配合組成物は重合硬化物となった。該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、体積は約20倍に膨潤し、水溶液のイオン濃度やpHによって伸縮するケモメカニカル材料となった。

【0082】次にpHによるケモメカニカル材料の伸縮について示す。

【0083】該ケモメカニカル材料をpH3の塩酸溶液中で平衡状態としてからその重量を測定し、次に溶液をpH11の水酸化ナトリウム溶液に交換して平衡状態として再び重量を測定した。上記溶液交換による該ケモメカニカル材料の体積変化率は約4倍であった。

【0084】次にケモメカニカル材料の弾性率と圧縮強度の測定について説明する。

【0085】ケモメカニカル材料の弾性率と圧縮強度は、図1に示す測定装置1（アイコーエンジニアリング\*

\*製微小加重測定機）で測定した。測定手段を以下に示す。

【0086】pH11の水酸化ナトリウム溶液中で膨潤させた該ケモメカニカル材料を5ミリ×5ミリ×5ミリに切断した。該ケモメカニカル材料2をポリエチレン製の容器3に入れ測定装置1の圧力センサー5の先端を、ケモメカニカル材料1の表面と接するところまで下ろした。該容器3にケモメカニカル材料を平衡にした溶液4（ここではpH11の水酸化ナトリウム溶液）をケモメカニカル材料2が浸るまで入れた。該圧力センサー5を0.5mm/minの速度で降下しケモメカニカル材料2を圧縮して、歪みと圧力の関係を測定した。なお、弾性率は歪み=0.1の時の値から計算した。また、圧縮強度はケモメカニカル材料2が壊れた圧力とした。上記方法で測定した該ケモメカニカル材料の弾性率は149061N/m<sup>2</sup>、圧縮強度は1.3kg/cm<sup>2</sup>であった。

【0087】本実施例に記載した配合組成物の重合速度は比較例1と比較して十分に速いことは明確である（表1参照）。

【0088】

【表1】

表1

|       | 重合速度 | 水中における安定性 | 膨潤度 | 体積変化率 | 弾性率<br>(N/m <sup>2</sup> ) | 圧縮強度<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------|------|-----------|-----|-------|----------------------------|-------------------------------|
| 実施例1  | 20秒  | ○         | 20倍 | 4倍    | 149,061                    | 1.3                           |
| 実施例2  | 20秒  | ○         | 20倍 | —     | —                          | —                             |
| 実施例3  | 20秒  | ○         | 23倍 | —     | —                          | —                             |
| 実施例4  | 20秒  | ○         | 10倍 | —     | —                          | —                             |
| 実施例5  | 20秒  | ○         | 20倍 | —     | —                          | —                             |
| 実施例6  | 30秒  | ○         | 10倍 | —     | —                          | —                             |
| 実施例7  | 20秒  | ○         | 10倍 | —     | —                          | —                             |
| 実施例9  | 20秒  | ○         | 10倍 | —     | —                          | —                             |
| 比較例1  | 5分以上 | —         | —   | —     | —                          | —                             |
| 比較例2  | 5分以上 | —         | —   | —     | —                          | —                             |
| 比較例3  | 5分以上 | —         | —   | —     | —                          | —                             |
| 比較例4  | 5分以上 | —         | —   | —     | —                          | —                             |
| 比較例5  | 60秒  | ×         | —   | —     | —                          | —                             |
| 比較例6  | 60秒  | ×         | —   | —     | —                          | —                             |
| 比較例7  | 60秒  | ×         | —   | —     | —                          | —                             |
| 比較例8  | 60秒  | ×         | —   | —     | —                          | —                             |
| 比較例9  | 60秒  | ×         | —   | —     | —                          | —                             |
| 比較例10 | 5分以上 | —         | —   | —     | —                          | —                             |

なお、本実施例は、当然、各種の変形、変更が可能である。

【0089】例えば、イオン基を有するラジカル重合性単量体はアクリル酸に限定されず、アニオン性のイオン基を有するラジカル重合性単量体であればいずれの単量体であっても用いることができる。また、ラジカル重合性

の官能基を2つ以上有する単量体はN、N'-メチレンビスアクリルアミドに限定されず、ラジカル重合性官能基を2個以上有するものであれば、何れのラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体であっても用いることができる。しかし、水溶性であり該ラジカル重合性単量体と相溶性が良いものが望ましい。また、光重合開始

剤は2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オンに限定されず、他の光重合開始剤とすることができるが、水溶性の光重合開始剤が常温で液体状の光重合開始剤の方が望ましい。また、ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物は水酸化ナトリウムに限定されず、アルカリ性の無機化合物であればいずれの化合物を用いることもできる。

【0090】また、該配合物の配合比の変更も可能であるが、各成分の配合量は詳細な説明の欄で述べたような割合であることが好ましい。即ち、ラジカル重合性単量体に対してラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体は0.5~5mol%、光重合開始剤は0.01~5mol%の範囲であることが望ましい。無機化合物の配合比は配合組成物のpHが4~7の範囲になるように調整することが望ましい。イオン交換水の配合比は配合組成物に沈殿が生じない範囲で少なめに配合することが望ましい。

【0091】なお、この実施例には次のような特徴がある。

【0092】(a) ケモメカニカル材料を作成するための配合組成物を、アニオン性のイオン基を有するラジカル重合性単量体とラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体とアルカリ性の無機化合物と光重合開始剤からなる配合組成物にしたことにより、ケモメカニカル材料の重合速度が高速化され、重合速度が速く光照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料が得られる。

#### 【0093】実施例2

イオン基を有するラジカル重合性単量体としてメタクリル酸（和光純薬工業）を、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてN, N'-メチレンビスアクリルアミド（和光純薬工業）を、光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン（チバガイギー）を、ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物として水酸化ナトリウム（和光純薬工業）を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0094】メタクリル酸0.1mol、N, N'-メチレンビスアクリルアミド0.001mol、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン0.003mol、水酸化ナトリウム0.08mol、イオン交換水10gを混合した配合組成物6を調製した。該配合組成物のpHは5であった。該配合組成物6をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高圧水銀灯を5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。20秒の照射により、配合組成物は重合し硬化物となった。該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、体積は約20倍に膨潤し、水溶液のイオン濃度やpHによって伸縮するケモメカニカル材料になった。

【0095】本実施例に記載した配合組成物の重合速度は、比較例2と比較して十分速いことは明確である（表

1参照）。

【0096】なお、この実施例は、実施例1に記載したように当然、各種の変形、変更が可能である。

【0097】この実施例には次のような特徴がある。

【0098】(a) ケモメカニカル材料を作成するための配合組成物を、アニオン性のイオン基を有するラジカル重合性単量体とラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体とアルカリ性の無機化合物と光重合開始剤からなる配合組成物にしたことにより、ケモメカニカル材料の重合速度が高速化され、重合速度が速く光照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料が得られる。

#### 【0099】実施例3

イオン基を有するラジカル重合性単量体として2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸（東京化成）を、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてN, N'-メチレンビスアクリルアミド（和光純薬工業）を、光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン（チバガイギー）を、ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物として水酸化ナトリウム（和光純薬工業）を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0100】2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸0.1mol、N, N'-メチレンビスアクリルアミド0.001mol、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン0.003mol、水酸化ナトリウム0.08mol、イオン交換水20gを混合した配合組成物7を調製した。該配合組成物のpHは5であった。該配合組成物7をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高圧水銀灯を5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。20秒の照射により、配合組成物は重合し硬化物となった。該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、体積は約23倍に膨潤し、水溶液のイオン濃度やpHによって伸縮するケモメカニカル材料となった。

【0101】本実施例に記載した配合組成物の重合速度は、比較例3と比較して十分速いことは明確である（表1参照）。

【0102】なお、この実施例は、実施例1と同様に当然、各種の変形、変更が可能である。

【0103】この実施例には次のような特徴がある。

【0104】(a) ケモメカニカル材料を作成するための配合組成物を、アニオン性のイオン基を有するラジカル重合性単量体とラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体とアルカリ性の無機化合物と光重合開始剤からなる配合組成物にしたことにより、ケモメカニカル材料の重合速度が高速化され、重合速度が速く光照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料が得られる。

#### 【0105】実施例4

イオン基を有するラジカル重合性単量体としてN, N-

ジメチルアミノエチルアクリレート（興人）を、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてN、N'-メチレンビスアクリルアミド（和光純薬工業）を、光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン（チバガイギー）を、ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物として塩酸（和光純薬工業）を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0106】N、N'-ジメチルアミノエチルアクリレート0.1mol、N、N'-メチレンビスアクリルアミド0.00mol、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン0.003mol、塩酸0.12mol、イオン交換水12gを混合した配合組成物7を調製した。該配合組成物のpHは6であった。該配合組成物8をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高圧水銀灯を5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。20秒の照射により、配合組成物は重合し硬化物となった。該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、体積は約10倍に膨潤し、水溶液のイオン濃度やpHによって伸縮するケモメカニカル材料となった。

【0107】本実施例に記載した配合組成物の重合速度は、比較例4と比較して十分速いことは明確である（表1参照）。

【0108】なお、この実施例は、当然、各種の変形、変更が可能である。

【0109】例えば、イオン基を有するラジカル重合性単量体はN、N'-ジメチルアミノエチルアクリレートに限定されず、カチオン性のイオン基を有するラジカル重合性単量体であればいずれの単量体であっても用いることができる。また、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体はN、N'-メチレンビスアクリルアミドに限定されず、ラジカル重合性官能基を2個以上有する化合物であれば何れのラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体であっても用いることができる。しかし、水溶性であり該ラジカル重合性単量体と相溶性が良いものが望ましい。また、光重合開始剤は2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オンに限定されず、他の光重合開始剤とすることができるが、水溶性の光重合開始剤が常温で液体状の光重合開始剤の方が望ましい。また、ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物は塩酸に限定されず、酸性の無機化合物であればいずれの化合物を用いることもできる。

【0110】また、該配合物の配合比の変更も可能であるが、詳細な説明の欄で述べたような範囲であることが望ましい。即ち、ラジカル重合性単量体に対してラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体は0.5~5mol%、光重合開始剤は0.01~5mol%の範囲であることが望ましい。また、無機化合物の配合組成物

の配合比はpHが4~7の範囲になるように調製することが望ましく、イオン交換水の配合比は配合組成物に沈殿が生じない範囲で少なめに配合することが望ましい。

【0111】この実施例には次のような特徴がある。

【0112】（a）ケモメカニカル材料を作成するための配合組成物を、アニオン性のイオン基を有するラジカル重合性単量体とラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体とアルカリ性の無機化合物と光重合開始剤からなる配合組成物にしたことにより、ケモメカニカル材料の重合速度が高速化され、重合速度が速く光照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料を得ることができる。

【0113】実施例5

イオン基を有するラジカル重合性単量体としてアクリル酸（和光純薬工業）を、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてN、N'-メチレンビスアクリルアミド（和光純薬工業）を、光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン（チバガイギー）を、ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物としてブチルアミン（和光純薬工業）を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0114】アクリル酸0.1mol、N、N'-メチレンビスアクリルアミド0.001mol、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン0.003mol、ブチルアミン0.03molを混合した配合組成物9を調製した。該配合組成物9をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高圧水銀灯を5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。30秒の照射により、配合組成物は重合し硬化物となった。該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、体積は約20倍に膨潤し、水溶液のイオン濃度やpHによって伸縮するケモメカニカル材料となった（表1参照）。

【0115】本実施例に記載した配合組成物の重合速度は、比較例1と比較して十分速いことは明確である（表1参照）。

【0116】ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物を常温で液体である有機化合物とすることによって、配合組成物に水を含有しなくとも沈殿物が生じにくくなる。配合組成物に水を混合すると、用いる光重合開始剤が水に分散可能なものか水に溶解性のあるものに限定されるが、本配合組成物ではその必要はなく、光重合開始剤の選択の幅が広がる。

【0117】なお、この実施例は、当然、各種の変形、変更が可能である。

【0118】例えば、イオン基を有するラジカル重合性単量体はアクリル酸に限定されず、アニオン性のイオン基を有するラジカル重合性単量体であればいずれの単量体であっても用いることができる。また、架橋剤はN、N'-メチレンビスアクリルアミドに限定されず、ラジ

カル重合性官能基を2個以上有する化合物であれば何れのラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体であっても用いることができる。しかし、水溶性であり該ラジカル重合性単量体と相溶性が良いものが望ましい。また、光重合開始剤は2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オンに限定されず、他の光重合開始剤とすることができる。また、また、ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物はブチルアミンに限定されず、アルカリ性を示す有機化合物であればいずれの化合物を用いることもできるが、常温で液体の化合物の方が望ましい。

【0119】また、該配合物の配合比の変更も可能であるが、詳細な説明の欄で述べたような範囲にすることが可能である。即ち、ラジカル重合性単量体に対してラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体は0.5~5mol%、光重合開始剤は0.01~5mol%の範囲であることが望ましい。有機化合物の配合比は配合組成中の含有量が1~50mol%の範囲になるように調製することが望ましい。含有量が1mol%未満では重合速度が遅く、50mol%を越えると配合組成物のラジカル重合性単量体含有濃度が薄くなるため材料強度が弱くなる。

【0120】この実施例には次のような特徴がある。

【0121】(a) ケモメカニカル材料を作成するための配合組成物を、アニオン性のイオン基を有するラジカル重合性単量体とラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体とアルカリ性の無機化合物と光重合性開始剤からなる配合組成物にしたことにより、ケモメカニカル材料の重合速度が高速化され、重合速度が速く光照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料が得られる。

【0122】(b) 更に、ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物を有機化合物とすることによって、配合組成物に水を含有しなくとも沈殿物が生じにくくなる。配合組成物に水を混合すると、用いる光重合開始剤が水に分散可能なものか水に溶解性のあるものに限定されるが、本配合組成物ではその必要がなく、光重合開始剤の選択の幅が広がる。

#### 【0123】実施例6

イオン基を有するラジカル重合性単量体としてN、N-ジメチルアミノエチルアクリレート（興人）を、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてN、N'-メチレンビスアクリルアミド（和光純薬工業）を、光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン（チバガイギー）を、ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物として酢酸（和光純薬工業）を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0124】アクリル酸0.1mol、N、N'-メチレンビスアクリルアミド0.001mol、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン

0.003mol、酢酸0.03mol、を混合した配合組成物10を調製した。該配合組成物10をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高圧水銀灯を5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。30秒の照射により、配合組成物は重合し硬化物となった。該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、体積は約10倍に膨潤し、水溶液のイオン濃度やpHによって伸縮するケモメカニカル材料になった（表1参照）。

【0125】本実施例に記載した配合組成物の重合速度は、比較例4と比較して十分に速いことは明確である（表1参照）。

【0126】本発明の材料組成にすることにより、ケモメカニカル材料の重合速度が高速化される。

【0127】ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物を常温で液体である有機化合物とすることによって、配合組成物に水を含有しなくとも沈殿物が生じにくくなる。配合組成物に水を混合すると、用いる光重合開始剤が水に分散可能なものか水に溶解性のあるものに限定されるが、本配合組成物ではその必要がなく、光重合開始剤の選択の幅が広がる。

【0128】なお、この実施例は、当然、各種の変形、変更が可能である。

【0129】例えば、イオン基を有するラジカル重合性単量体はN、N-ジメチルエチルアクリレートに限定されず、カチオン性のイオン基を有するラジカル重合性単量体であればいずれの単量体であっても用いることができる。また、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体はN、N'-メチレンアクリルアミドに限定されず、ラジカル重合性官能基を2個以上有する化合物であれば何れのラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体であっても用いることができる。しかし、水溶性であり該ラジカル重合性単量体と相溶性が良いものが望ましい。また、光重合開始剤は2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オンに限定されず、他の光重合開始剤とすることができる。また、ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物は酢酸に限定されず、酸性を示す有機化合物であればいずれの化合物を用いることもできるが、常温で液体の化合物の方が望ましい。

【0130】また、該配合物の配合比の変更も可能であるが、詳細な説明で述べた範囲とすることができる。即ち、ラジカル重合性単量体に対してラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体は0.5~5mol%、光重合開始剤は0.01~5mol%の範囲であることが望ましい。有機化合物の配合比は配合組成物中の含有量が1~50mol%の範囲になるように調製することが望ましい。

【0131】この実施例には次のような特徴がある。

【0132】(a) ケモメカニカル材料を作成するための配合組成物を、アニオン性のイオン基を有するラジカ

ル重合性単量体とラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体とアルカリ性の無機化合物と光重合開始剤からなる配合組成物にしたことにより、ケモメカニカル材料の重合速度が高速化され、重合速度が速く光照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料が得られる。

【0133】(b) ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物を有機化合物とすることによって、配合組成物に水を含有しなくとも沈殿物が生じにくくなる。配合組成物に水を混合すると、用いる光重合開始剤が水に分散可能なものか水に溶解性のあるものに限定されるが、本配合組成物ではその必要がなく、光重合開始剤の選択の幅が広がる。

#### 【0134】実施例7

イオン基を有するラジカル重合性単量体としてN、N'-ジメチルアミノエチルアクリレート（興人）を、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてN、N'-メチレンビスアクリルアミド（和光純薬工業）を、光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン（チバガイギー）を、ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物としてメタクリル酸（和光純薬工業）を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0135】アクリル酸0.1mol、N、N'-メチレンビスアクリルアミド0.001mol、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン0.003mol、メタクリル酸0.04mol、を混合した配合組成物11を調製した。該配合組成物11をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高圧水銀灯を5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。20秒の照射により、配合組成物は重合し硬化物となった。該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、体積は約10倍に膨潤し、水溶液のイオン濃度やpHによって伸縮するケモメカニカル材料になった（表1参照）。

【0136】比較例2、4と比較すると本実施例に記載した配合組成物の重合速度が速いことは明確である（表1参照）。

【0137】本発明の材料組成にすることにより、ケモメカニカル材料の重合速度が高速化される。

【0138】ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物を常温で液体である有機化合物とすることによって、配合組成物に水を含有しなくとも沈殿物が生じにくくなる。配合組成物に水を混合すると、用いる光重合開始剤が水に分散可能なものか水に溶解性のあるものに限定されるが、本配合組成物ではその必要がなく、光重合開始剤の選択の幅が広がる。また、該有機化合物がラジカル重合性の官能基を有することによって、配合組成物のラジカル重合性単量体の含有率が高くなるため重合物の材料強度が強くなる。

【0139】なお、この実施例は、当然、各種の変形、変更が可能である。

【0140】例えば、イオン基を有するラジカル重合性単量体はN、N'-ジメチルエチルアクリレートに限定されず、カチオン性のイオン基を有するラジカル重合性単量体であればいずれの単量体であっても用いることができる。また、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体はN、N'-メチレンビスアクリルアミドに限定されず、ラジカル重合性官能基を2個以上有する化合物であれば、何れのラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体であっても用いることができる。しかし、水溶性であり該ラジカル重合性単量体と相溶性が良いものが望ましい。また、光重合開始剤は2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オンに限定されず、他の光重合開始剤とすることができる。また、ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物はメタクリル酸に限定されず、ラジカル重合性の官能基を有し、かつ酸性を示す有機化合物であればいずれの化合物を用いることもできるが、常温で液体の化合物の方が望ましい。

【0141】また、該配合物の配合比の変更も可能である。詳細な説明の欄で述べたような範囲にすることができる。即ち、ラジカル重合性単量体に対してラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体は0.5~5mol%、光重合開始剤は0.01~5mol%の範囲であることが望ましい。有機化合物の配合比は配合組成物中の含有量が1~99mol%の範囲になるように調整することが望ましい。また、重合されたケモメカニカル材料はカチオン性のイオン基とアニオン性のイオン基を有するため、pH変化による伸縮の挙動は複雑なものとなる。したがって、アクチュエータに応用する場合、イオン濃度変化によるケモメカニカル材料の収縮を利用した方が望ましい。

【0142】この実施例には次のような特徴がある。

【0143】(a) ケモメカニカル材料を作成するための配合組成物を、アニオン性のイオン基を有するラジカル重合性単量体とラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体とアルカリ性の有機化合物と光重合開始剤からなる配合組成物にしたことにより、ケモメカニカル材料の重合速度が高速化され、重合速度が速く光照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料が得られる。

【0144】(b) また、ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物を有機化合物とすることによって、配合組成物に水を含有しなくとも沈殿物が生じにくくなる。配合組成物に水を混合すると、用いる光重合開始剤が水に分散可能なものか水に溶解性のあるものに限定されるが、本配合組成物ではその必要がなく、光重合開始剤の選択の幅が広がる。

【0145】(c) 更に、該有機化合物がラジカル重合性の官能基を有することによって、配合組成物のラジカル重合性単量体の含有率が高くなるため重合物の材料強度が強くなる。

## 【0146】実施例8

イオン基を有するラジカル重合性単量体としてN, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド(興人)を、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてN, N'-メチレンビスアクリルアミド(和光純薬工業)を、分子内開裂型の光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン(チバガイギー)を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0147】N, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド0.1mol、N, N'-メチレンビスアクリルアミド0.001mol、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン0.003molを混合した配合組成物18を調製した。該配合組成物18をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高圧水銀灯を用い5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。60秒の照射により、配合組成物は重合し硬化物となった。該硬化物をイオン交換水に浸漬する\*

【0150】ケモメカニカル材料の弾性率と圧縮強度は、pH3の塩酸溶液中で膨潤させた該ケモメカニカル材料を用い実施例1に示した方法で測定した。測定した該ケモメカニカル材料の弾性率は133370N/m<sup>2</sup>、圧縮強度は0.4kg/cm<sup>2</sup>であった(表2参照)。

【0151】

【表2】

表2

|       | 重合速度 | 水中における安定性 | 膨潤度 | 体積変化率 | 弾性率(N/m <sup>2</sup> ) | 圧縮強度(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------|------|-----------|-----|-------|------------------------|---------------------------|
| 実施例8  | 60秒  | ○         | 10倍 | 2.6倍  | 133,370                | 0.4                       |
| 比較例1  | 5分以上 | —         | —   | —     | —                      | —                         |
| 比較例2  | 5分以上 | —         | —   | —     | —                      | —                         |
| 比較例3  | 5分以上 | —         | —   | —     | —                      | —                         |
| 比較例4  | 5分以上 | —         | —   | —     | —                      | —                         |
| 比較例5  | 60秒  | ×         | —   | —     | —                      | —                         |
| 比較例6  | 60秒  | ×         | —   | —     | —                      | —                         |
| 比較例7  | 60秒  | ×         | —   | —     | —                      | —                         |
| 比較例8  | 60秒  | ×         | —   | —     | —                      | —                         |
| 比較例9  | 60秒  | ×         | —   | —     | —                      | —                         |
| 比較例10 | 5分以上 | —         | —   | —     | —                      | —                         |

本発明の材料組成にすることにより、実施例1～7に記載したラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物を含有すること無くケモメカニカル材料の光重合が可能となる。

【0152】後述する比較例5～9に記載したようにN, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミドに対してN, N'-メチレンビスアクリルアミド以外のラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体ではケモメカニカル材料を得ることができないこと、また、比較例10に記載したように水素引き抜き型の光重合開始剤ではバルクのケモメカニカル材料の重合はできないことは明確である。これに対し、本実施例の組成物では光による重合が可能である。また、比較例1～4に記載した配合組成よりも本実施例の配合組成物は重合速度が速く、光照射により容易に重合できることは明確である(表2参照)。

【0153】重合速度が速く光照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料となる。

\*と、体積は10倍に膨潤し、水溶液のイオン濃度やpHによって伸縮するケモメカニカル材料となった。

【0148】次にpHによるケモメカニカル材料の伸縮について示す。

【0149】該ケモメカニカル材料をpH11の水酸化ナトリウム溶液中で平衡状態としてからその重量を測定し、次に溶液をpH3の塩酸溶液に交換して平衡状態として再び重量を測定した。上記溶液交換による該ケモメカニカル材料の体積変化率は約2.6倍であった。

【0150】ケモメカニカル材料の弾性率と圧縮強度は、pH3の塩酸溶液中で膨潤させた該ケモメカニカル材料を用い実施例1に示した方法で測定した。測定した該ケモメカニカル材料の弾性率は133370N/m<sup>2</sup>、圧縮強度は0.4kg/cm<sup>2</sup>であった(表2参照)。

【0151】

【表2】

【0154】なお、この実施例は、当然、各種の変形、変更が可能である。

【0155】例えば、イオン基を有するラジカル重合性単量体はN, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミドに限定されず、上記一般式(I)で示されるN, N-ジアルキルアミノアルキル(メタ)アクリルアミドを用いてもよく、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体はN, N'-メチレンビスアクリルアミドに限定されず、上記一般式(II)で示されるN, N'-ポリエチレンビスアクリルアミドであってもよい。また、光重合開始剤は2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オンに限定されず、他の分子内開裂型の光重合開始剤とすることができる。

【0156】また、該配合物の配合比の変更も可能であるが、ラジカル重合性単量体に対してラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体は0.5～2mol%、光重合開始剤は0.01～5mol%の範囲であることが望ましい。ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する



単量体が0.5mol%未満の場合では、ケモメカニカル材料の材料強度が非常に弱くなる。一方、2mol%よりも多量の場合はケモメカニカル材料の伸縮率が小さくなり、膨潤する際ケモメカニカル材料に亀裂が入り崩壊しやすくなる。また、光重合開始剤が0.001mol%未満の場合は重合速度が遅く、5mol%よりも多量の場合は重合度が低下する。

【0157】この実施例には次のような特徴がある。

【0158】(a) ケモメカニカル材料を作成するための配合組成物を、N, N-ジアルキルアミノアルキル (メタ) アクリルアミドとN, N'-ポリエチレンビスアクリルアミドと分子内開裂型の水溶性高分子からなる配合組成物にしたことにより、ケモメカニカル材料の重合速度が高速化される作用があり、重合速度が速く照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料となるという効果がある。

【0159】実施例9

イオン基を有するラジカル重合性単量体としてN, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド (興人) を、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてN, N'-メチレンビスアクリルアミド (和光純薬工業) を、分子内開裂型の水溶性高分子として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン (チバガイギー) を、ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物として塩酸 (和光純薬工業) を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0160】N, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド0.1mol、N, N'-メチレンビスアクリルアミド0.001mol、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン0.003mol、塩酸0.1mol、イオン交換水12gを混合した配合組成物19を調製した。該配合組成物のpHは7であった。該配合組成物19をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高圧水銀灯を用い5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。20秒の照射により、配合組成物は重合し硬化物となった。該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、体積は10倍に膨潤し、水溶液のイオン濃度やpHによって伸縮するケモメカニカル材料となった (表1参照)。

【0161】比較例1から10との比較より本実施例に記載した配合組成物の重合速度が速いことは明確である (表1参照)。

【0162】本発明の材料組成にすることにより、実施例1~7に記載した作用と同様にケモメカニカル材料の重合速度が高速化される。

【0163】なお、この実施例は、当然、各種の変形、変更が可能である。

【0164】例えば、イオン基を有するラジカル重合性単量体、及びラジカル重合性の官能基を2つ以上有する

単量体、及び光重合開始剤は実施例8に記載したように変更が可能である。ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物は塩酸に限定されず、酸性の化合物であればいずれの化合物を用いることもできる。

【0165】この実施例には次のような特徴がある。

【0166】(a) ケモメカニカル材料を作成するための配合組成物を、N, N-ジアルキルアミノアルキル (メタ) アクリルアミドとN, N'-ポリエチレンビスアクリルアミドと分子内開裂型の光重合開始剤と酸性の化合物とからなる配合組成物にしたことにより、ケモメカニカル材料の重合速度が高速化され、重合速度が速く照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料が得られる。

【0167】以下に上記実施例に対する比較例を示す。

【0168】比較例1

イオン基を有するラジカル重合性単量体としてアクリル酸 (和光純薬工業) を、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてN, N'-メチレンビスアクリルアミド (和光純薬工業) を、光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン (チバガイギー) を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0169】アクリル酸0.1mol、N, N'-メチレンビスアクリルアミド0.001mol、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン0.003molを混合した配合組成物1を調製し、該配合組成物1をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高圧水銀灯を用い5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。5分間の照射を行ったが、配合組成物は殆ど重合せず溶液状態のままであった。

【0170】上記に記載したように、本比較例の配合組成物では重合速度の速いケモメカニカル材料は得られないことがわかる。

【0171】比較例2

イオン基を有するラジカル重合性単量体としてメタクリル酸 (和光純薬工業) を、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてN, N'-メチレンビスアクリルアミド (和光純薬工業) を、光重合開始剤として1-[4-(2-ヒドロキシエトキシ)-フェニル]-2-ヒドロキシ-2-メチル-1-プロパン-1-オン (チバガイギー) を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0172】メタクリル酸0.1mol、N, N'-メチレンビスアクリルアミド0.00mol、1-[4-(2-ヒドロキシエトキシ)-フェニル]-2-ヒドロキシ-2-メチル-1-プロパン-1-オン0.003mol、イオン交換水10gを混合した配合組成物2を調製し、該配合組成物2をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高圧水銀灯を用い5



mW/cm<sup>2</sup> の照度で光を照射した。5分間の照射を行ったが、配合組成物は殆ど重合せず溶液状態のままであった。

【0173】上記に記載したように、本比較例の配合組成物では重合速度の速いケモメカニカル材料は得られないことがわかる。

#### 【0174】比較例3

イオン基を有するラジカル重合性単量体として2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸（東京化成）を、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてN, N'-メチレンビスアクリルアミド（和光純薬工業）を、光重合開始剤として1-[4-(2-ヒドロキシエトキシ)-フェニル]-2-ヒドロキシ-2-メチル-1-プロパン-1-オン（チバガイギー）を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0175】2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸0.1mol、N, N'-メチレンビスアクリルアミド0.001mol、1-[4-(2-ヒドロキシエトキシ)-フェニル]-2-ヒドロキシ-2-メチル-1-プロパン-1-オン0.003mol、イオン交換水20gを混合した配合組成物3を調製し、該配合組成物3をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高压水銀灯を用い5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。5分間の照射を行ったが、配合組成物は殆ど重合せず溶液状態のままであった。

【0176】上記に記載したように、本比較例の配合組成物では重合速度の速いケモメカニカル材料は得られないことがわかる。

#### 【0177】比較例4

イオン基を有するラジカル重合性単量体としてN, N-ジメチルアミノエチルアクリレート（興人）を、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてN, N'-メチレンビスアクリルアミド（和光純薬工業）を、光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン（チバガイギー）を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0178】N, N-ジメチルアミノエチルアクリレート0.1mol、N, N'-メチレンビスアクリルアミド0.001mol、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン0.003molを混合した配合組成物4を調製し、該配合組成物4をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高压水銀灯を用い5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。5分間の照射を行ったが、配合組成物は殆ど重合せず溶液状態のままであった。

【0179】上記に記載したように、本比較例の配合組成物では重合速度の速いケモメカニカル材料は得られないことがわかる。

#### 【0180】比較例5

イオン基を有するラジカル重合性単量体として、N, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド（興人）を、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてポリエチレングリコールジアクリレート（日本油脂）を、光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン（チバガイギー）を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0181】N, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド0.1mol、ポリエチレングリコールジアクリレート0.001mol、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン0.003molを混合した配合組成物12を調製し、該配合組成物12をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高压水銀灯を用い5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。60秒の照射により、配合組成物は重合し硬化物となった。しかし、該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、重合物は水に溶解してしまった。この理由は必ずしも明確ではないが、ラジカル重合性単量体とラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体の共重合性が悪く、重合物が十分に三次元架橋されていないことが推定される。ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体の配合比を増やしても結果は同様であった。また、エチレン鎖の長いポリエチレングリコールジアクリレートを用いた場合も結果は同様であった。

【0182】上記に記載したように、本比較例の配合組成物では光照射によって硬化はするもののケモメカニカル材料は得られないことがわかる。

#### 【0183】比較例6

イオン基を有するラジカル重合性単量体として、N, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド（興人）を、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてポリエチレングリコールジアクリレート（日本油脂）を、光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン（チバガイギー）を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0184】N, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド0.1mol、ポリエチレングリコールジアクリレート0.001mol、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン0.003molを混合した配合組成物13を調製し、該配合組成物13をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高压水銀灯を用い5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。60秒の照射により、配合組成物は重合し硬化物となった。しかし、該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、重合物は水に溶解してしまった。この理由は必ずしも明確ではないが、ラジカル重合性単量体とラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体の共重合性が

悪く、重合物が十分に三次元架橋されていないことが推定される。ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体の配合比を増やしても結果は同様であった。また、エチレン鎖の長いポリエチレングリコールジアクリレートを用いた場合も結果は同様であった。

【0185】上記の記載したように、本比較例の配合組成物では光照射によって硬化はするもののケモメカニカル材料は得られないことがわかる。

#### 【0186】比較例7

イオン基を有するラジカル重合性単量体としてN, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド（興人）を、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてグリセロールジメタクリレート（日本油脂）を、光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン（チバガイギー）を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0187】N, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド0.1mol、グリセロールジメタクリレート0.001mol、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン0.003molを混合した配合組成物14を調製し、該配合組成物14をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高圧水銀灯を用い5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。60秒の照射により、配合組成物は重合し硬化物となった。しかし、該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、重合物は水に溶解してしまった。この理由は必ずしも明確ではないが、ラジカル重合性単量体とラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体の共重合性が悪く、重合物が十分に三次元架橋されていないことが推定される。ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体の配合比を増やしても結果は同様であった。

【0188】上記の記載したように、本比較例の配合組成物では光照射によって硬化はするもののケモメカニカル材料は得られないことがわかる。

#### 【0189】比較例8

イオン基を有するラジカル重合性単量体として、N, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド（興人）を、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体として2, 2-ビス[4（アクリロキシジエトキシ）フェニル]プロパン（新中村化学工業）を、光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン（チバガイギー）を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0190】N, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド0.1mol、2, 2-ビス[4（アクリロキシジエトキシ）フェニル]プロパン0.001mol、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン0.003molを混合した配合組成物15を調製し、該配合組成物15をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高圧水銀灯を用い5

mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。60秒の照射により、配合組成物は重合し硬化物となった。しかし、該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、重合物は水に溶解してしまった。この理由は必ずしも明確ではないが、ラジカル重合性単量体とラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体の共重合性が悪く、重合物が十分に三次元架橋されていないことが推定される。ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体の配合比や増やしても結果は同様であった。

【0191】上記に記載したように、本比較例の配合組成物では光照射によって硬化はするもののケモメカニカル材料は得られないことがわかる。

#### 【0192】比較例9

イオン基を有するラジカル重合性単量体として、N, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド（興人）を、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてペンタエリスリトールトリアクリレート（日本化薬）を、光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン（チバガイギー）を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0193】N, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド0.1mol、ペンタエリスリトールトリアクリレート0.001mol、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン0.003molを混合した配合組成物16を調製し、該配合組成物16をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高圧水銀灯を用い5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。60秒の照射により、配合組成物は重合し硬化物となった。しかし、該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、重合物は水に溶解してしまった。この理由は必ずしも明確ではないが、ラジカル重合性単量体とラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体の共重合性が悪く、重合物が十分に三次元架橋されていないことが推定される。ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体の配合比を増やしても結果は同様であった。

【0194】上記の記載したように、本比較例の配合組成物では光照射によって硬化はするもののケモメカニカル材料は得られないことがわかる。

#### 【0195】比較例10

イオン基を有するラジカル重合性単量体として、N, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド（興人）を、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてN, N'-メチレンビスアクリルアミド（和光純薬工業）を、光重合開始剤として2, 4-ジエチルチオキサントン（日本化薬）を、光重合促進剤として4-ジメチルアミノメチルベンゾエート（日本化薬）を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0196】N, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド0.1mol、N, N'-メチレンビスアクリル

アミド0.001mol、2, 4-ジエチルチオキサントン0.003molを、4-ジメチルアミノメチルベンゾエート0.003molを混合した配合組成物17を調製し、該配合組成物17をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高压水銀灯を用い5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。5分間の照射を行ったが、配合組成物は光が照射された表面の部分しか硬化せず、内部硬化性が悪いことがわかった。他の水素引き抜き型の光重合開始剤、例えば、(4-ベンゾイルベンジル)塩化トリメチルアンモニウム、2-(3-ジメチルアミノ-2-ヒドロキシプロポキシ)-3, 4-ジメチル-9H-チオキサントン-9-オンメソクロライド、(2-アクリロイルオキシ)(4-ベンゾイルベンジル)ジメチル臭化アンモニウムを用いた場合も結果は同様であった。

【0197】上記に記載したように、本比較例の配合組成物では光照射によって表面のみでしか硬化せず、バルクのケモメカニカル材料は得られないことがわかる。

#### 【0198】実施例10

イオン基を有するラジカル重合性単量体としてアクリル酸(和光純薬工業)を、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてN, N'-メチレンビスアクリルアミド(和光純薬工業)を、光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン(チバガイギー)を、ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物として水酸化ナトリウム\*

10

\*ウム(和光純薬工業)を、水溶性高分子としてポリビニルアルコール(和光純薬工業)を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0199】実施例1に示した配合組成物5を4.5mlに10wt%のポリビニルアルコール水溶液(重合度2000)を0.5ml加え混合して配合組成物20を調整した。該配合組成物20をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高压水銀灯を用い5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。30秒の照射により、配合組成物は重合し硬化物となった。該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、体積は約1.7倍に膨潤し、水溶液のイオン濃度やpHによって伸縮するケモメカニカル材料となった。

【0200】次にpHによるケモメカニカル材料の伸縮について示す。

【0201】該ケモメカニカル材料をpH3の塩酸溶液中で平衡状態としてからその重量を測定し、次に溶液をpH11の水酸化ナトリウム溶液に交換して平衡状態として再び重量を測定した。上記溶液交換による該ケモメカニカル材料の体積変化率は約4倍であった。

【0202】ケモメカニカル材料の弾性率は、実施例1に示した方法で測定した。測定した該ケモメカニカル材料の弾性率は407957N/m<sup>2</sup>、圧縮強度は1.8kg/cm<sup>2</sup>であった(表3参照)。

【0203】

【表3】

表3

|       | 重合速度 | 水中における安定性 | 膨潤度  | 体積変化率 | 弾性率(N/m <sup>2</sup> ) | 圧縮強度(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------|------|-----------|------|-------|------------------------|---------------------------|
| 実施例10 | 30秒  | ○         | 1.7倍 | 4倍    | 407,957                | 1.8                       |
| 実施例11 | 60秒  | ○         | 6倍   | 2.3倍  | 137,293                | 1                         |
| 実施例12 | 60秒  | ○         | 4倍   | 1.7倍  | 509,945                | 4.3                       |
| 実施例13 | 60秒  | ○         | 5倍   | 2.5倍  | 456,023                | 2.5                       |
| 比較例11 | 10分  | ×         | 10倍  | —     | 11,768                 | 0.5                       |
| 比較例12 | 60秒  | ×         | —    | —     | —                      | —                         |

本発明の材料組成にすることにより、水溶性高分子を基材としてラジカル重合性単量体が三次元架橋するため、弾性率が大きく材料強度の強いケモメカニカル材料となる。

【0204】比較例11との比較より本実施例に記載した配合組成物の弾性率が大きく、材料強度が強いことは明確である。

【0205】なお、この実施例は、当然、各種の変形、変更が可能である。

【0206】例えば、イオン基を有するラジカル重合性単量体、及びラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体、及び光重合開始剤、及びラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物は、実施例1に記載したように変更が可能である。水溶性高分子はポ

リビニルアルコールに限定されないが、イオン基を持たない水溶性高分子か、アニオン性のイオン基を有する高分子を用いることが望ましい。カチオン性のイオン基を有する高分子を用いると、ラジカル重合性単量体のイオン基とコンプレックスを作ってしまうので、ケモメカニカル材料の伸縮率が小さくなる。また、該高分子は重合度の高い高分子の方が望ましい。

【0207】水溶性高分子の配合比は、配合組成物中の水溶性高分子の濃度が50wt%以下であって配合組成物中に沈殿が生じない範囲で多量に配合することが望ましい。

【0208】この実施例には次のような特徴がある。

【0209】(a) ケモメカニカル材料を作成するための配合組成物を、アニオン性のイオン基を有するラジカ

50

ル重合性単量体とラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体とアルカリ性の化合物と水溶性高分子と光重合開始剤からなる配合組成物にしたことにより、弾性率が大きく材料強度が強いケモメカニカル材料となり、光照射により容易に重合可能な弾性率が大きく材料強度が強いケモメカニカル材料が得られる。

#### 【0210】実施例11

イオン基を有するラジカル重合性単量体としてN, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド（興人）を、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてN, N'-メチレンビスアクリルアミド（和光純薬工業）を、分子内開裂型の光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン（チバガイギー）を水溶性高分子としてポリビニルアルコール（和光純薬工業）を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0211】実施例8に示した配合組成物18を5g、10wt%のポリビニルアルコール水溶液（重合度2000）を3g、イオン交換水を2g混合した配合組成物21を調整した。該配合組成物21をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高压水銀灯を用い5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。60秒の照射により、配合組成物は重合し硬化物となった。該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、体積は約6倍に膨潤し、水溶液のイオン濃度やpHによって伸縮するケモメカニカル材料となった。

【0212】次にpHによるケモメカニカル材料の伸縮について示す。

【0213】該ケモメカニカル材料をpH11の水酸化ナトリウム溶液中で平衡状態としてからその重量を測定し、次に溶液をpH3の塩酸溶液に交換して平衡状態として再び重量を測定した。上記溶液交換による該ケモメカニカル材料の体積変化率は約2.3倍であった。

【0214】ケモメカニカル材料の弾性率と圧縮強度は、pH3の塩酸溶液中で膨潤させた該ケモメカニカル材料を用い実施例1に示した方法で測定した。測定した該ケモメカニカル材料の弾性率は137293N/m<sup>2</sup>、圧縮強度は1kg/cm<sup>2</sup>であった（表3参照）。

【0215】本発明の材料組成にすることにより、水溶性高分子を基材としてラジカル重合性単量体が三次元架橋するため、弾性率が大きく材料強度の強いケモメカニカル材料となる。

【0216】比較例11との比較より本実施例に記載した配合組成物の弾性率が大きく、材料強度が強いことは明確である（表3参照）。

【0217】弾性率が大きく材料強度の強いケモメカニカル材料となる。

【0218】なお、この実施例は、当然、各種の変形、変更が可能である。

【0219】例えば、イオン基を有するラジカル重合性単量体、及びラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体、及び光重合開始剤は実施例8に記載したように変更が可能である。また、水溶性高分子はポリビニルアルコールに限定されないが、イオン基を持たない水溶性高分子か、カチオン性のイオン基を有する高分子を用いることが望ましい。アニオン性のイオン基を有する高分子を用いると、ラジカル重合性単量体のイオン基とコンプレックスを作ってしまうので、ケモメカニカル材料の伸縮率が小さくなる。また、該高分子は重合度の高い高分子の方が望ましい。

【0220】水溶性高分子の配合比は、配合組成物中の水溶性高分子の濃度が50wt%以下であって配合組成物中に沈殿が生じない範囲で多量に配合することが望ましい。

【0221】この実施例には次のような特徴がある。

【0222】(a) ケモメカニカル材料を作成するための配合組成物を、N, N-ジアルキルアミノアルキル（メタ）アクリルアミドとN, N'-ポリメチレンビスアクリルアミドと分子内開裂型の光重合開始剤と水溶性高分子とからなる配合組成物にしたことにより、弾性率が大きく材料強度が強いケモメカニカル材料となり、光照射により容易に重合可能な弾性率が大きく材料強度が強いケモメカニカル材料が得られる。

#### 【0223】実施例12

イオン基を有するラジカル重合性単量体としてN, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド（興人）を、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてN, N'-メチレンビスアクリルアミド（和光純薬工業）を、分子内開裂型の光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン（チバガイギー）を水溶性高分子としてポリビニルアルコール（和光純薬工業）を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0224】N, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド0.1mol、N, N'-メチレンビスアクリルアミド0.003mol、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン0.003molを混合した配合組成物22を5g、10wt%のポリビニルアルコール水溶液（重合度2000）を3g、イオン交換水を2g混合した配合組成物23を調整した。該配合組成物23をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高压水銀灯を用い5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。60秒の照射により、配合組成物は重合し硬化物となった。該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、体積は約4倍に膨潤し、水溶液のイオン濃度やpHによって伸縮するケモメカニカル材料となった。

【0225】次にpHによるケモメカニカル材料の伸縮について示す。

【0226】該ケモメカニカル材料を pH11 の水酸化ナトリウム溶液中で平衡状態としてからその重量を測定し、次に溶液を pH3 の塩酸溶液に交換して平衡状態として再び重量を測定した。上記溶液交換による該ケモメカニカル材料の体積変化率は約 1.7 倍であった。

【0227】ケモメカニカル材料の弾性率と圧縮強度は、pH3 の塩酸溶液中で膨潤させた該ケモメカニカル材料を用い実施例 1 に示した方法で測定した。測定した該ケモメカニカル材料の弾性率は 509945 N/m<sup>2</sup>、圧縮強度は 4.3 kg/cm<sup>2</sup> であった（表 3 参照）。

【0228】本発明の材料組成にすることにより、水溶性高分子を基材としてラジカル重合性単量体が三次元架橋するため、弾性率が大きく材料強度の強いケモメカニカル材料となる。また、架橋剤の配合比が多くても水中で崩壊しないケモメカニカル材料となる。

【0229】比較例 11 と比較すると本実施例に記載した配合組成物の弾性率が大きく、材料強度が強いことは明確である。また、比較例 12 と比較とすると、本実施例に記載した配合組成物が材料強度が強いことは明確である（表 3 参照）。

【0230】以上のように、弾性率が大きく材料強度の強いケモメカニカル材料が得られる。

【0231】なお、この実施例は、当然、各種の変形、変更が可能である。

【0232】例えば、イオン基を有するラジカル重合性単量体、及びラジカル重合性の官能基を 2 つ以上有する単量体、及び光重合開始剤、及び水溶性高分子は実施例 11 に記載したように変更が可能である。

【0233】また、該配合物の配合比の変更も可能である。即ち、ラジカル重合性単量体に対してラジカル重合性の官能基を 2 つ以上有する単量体は 0.5~5 mol % であることが望ましい。

【0234】この実施例には次のような特徴がある。

【0235】(a) ケモメカニカル材料を作成するための配合組成物を、N、N-ジアルキルアミノアルキル（メタ）アクリルアミドと N、N'-ポリメチレンビスアクリルアミドと分子内開裂型の光重合開始剤と水溶性高分子からなる配合組成物にしたことにより、弾性率が大きく材料強度が強いケモメカニカル材料となる作用があり、光照射により容易に重合可能な弾性率が大きく材料強度が強いケモメカニカル材料となるという効果がある。

【0236】実施例 13

イオン基を有するラジカル重合性単量体として N、N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド（興人）を、ラジカル重合性の官能基を 2 つ以上有する単量体として N、N'-メチレンビスアクリルアミド（和光純薬工業）を、分子内開裂型の光重合開始剤として 2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン

（チバガイギー）を、水溶性高分子としてポリアリルアミン塩酸塩（日東紡績）を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0237】実施例 12 に示した配合組成物 22 を 5 g、10 wt % のポリアリルアミン塩酸塩水溶液を 3 g、イオン交換水を 2 g 混合した配合組成物 24 を調整した。該配合組成物 24 をポリエチレン性の 0.5 ml の容器に入れた。容器の上部から超高压水銀灯を用い 5 mW/cm<sup>2</sup> の照度で光を照射した。60 秒の照射により、配合組成物は重合し硬化物となった。該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、体積は約 5 倍に膨潤し、水溶液のイオン濃度や pH によって伸縮するケモメカニカル材料となった。

【0238】次に pH によるケモメカニカル材料の伸縮について示す。

【0239】該ケモメカニカル材料を pH11 の水酸化ナトリウム溶液中で平衡状態としてからその重量を測定し、次に溶液を pH3 の塩酸溶液に交換して平衡状態として再び重量を測定した。上記溶液交換による該ケモメカニカル材料の体積変化率は約 2.5 倍であった。

【0240】ケモメカニカル材料の弾性率と圧縮強度は、pH3 の塩酸溶液中で膨潤させた該ケモメカニカル材料を用い実施例 1 に示した方法で測定した。測定した該ケモメカニカル材料の弾性率は 456023 N/m<sup>2</sup>、圧縮強度は 2.5 kg/cm<sup>2</sup> であった（表 3 参照）。

【0241】ケモメカニカル材料の伸縮率と応答速度はケモメカニカル材料に含まれるイオン基の濃度に依存する。したがって、本構成にすることにより、ケモメカニカル材料に含まれる同種のイオン基の濃度が高くなるため、ケモメカニカル材料の伸縮率が大きく、かつ応答速度が速くなる。

【0242】比較例 11 と比較する本実施例に記載した配合組成物の弾性率が大きく、材料強度が強いことは明確である（表 3 参照）。

【0243】本発明の材料組成にすることにより、水溶性高分子を基材としてラジカル重合性単量体が三次元架橋するため、弾性率が大きく材料強度の強いケモメカニカル材料となる。また、ケモメカニカル材料の伸縮率と応答速度はケモメカニカル材料に含まれるイオン基の濃度に依存する。したがって、本構成にすることにより、ケモメカニカル材料に含まれる同種のイオン基の濃度が高くなるため、ケモメカニカル材料の伸縮率が大きく、かつ応答速度が速くなる。

【0244】なお、この実施例は、当然、各種の変形、変更が可能である。

【0245】例えば、イオン基を有するラジカル重合性単量体、及びラジカル重合性の官能基を 2 つ以上有する単量体、及び光重合開始剤は、実施例 8 に記載したように変更が可能である。また、水溶性高分子は、カチオン

性のイオン基を有する高分子であれば特に限定されない。また、重合度の高い水溶性高分子の方が望ましい。

【0246】また、該配合物の配合比の変更も可能である。即ち、ラジカル重合性単量体に対してラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体は0.5~5mol%、光重合開始剤は0.01~5mol%の範囲であることが望ましい。また水溶性高分子の配合比は、配合組成物中の水溶性高分子の濃度が50wt%以下であって配合組成物中に沈殿が生じない範囲で多量に配合することが望ましい。

【0247】この実施例には次のような特徴がある。

【0248】(a) ケモメカニカル材料を作成するための配合組成物を、N, N-ジアルキルアミノアルキル(メタ)アクリルアミドとN, N'-ポリメチレンビスアクリルアミドと分子内開裂型の光重合開始剤とカチオン性のイオン基を有する水溶性高分子からなる配合組成物にしたことにより、弾性率が大きく材料強度が強く、伸縮率が大きいケモメカニカル材料となり、光照射により容易に重合可能な弾性率が大きく材料強度が強く、伸縮率が大きいケモメカニカル材料が得られる。

【0249】比較例11

四級スチルバゾリウム基を導入したポリビニルアルコール(東洋合成、13wt%水溶液)を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0250】四級スチルバゾリウム基を導入したポリビニルアルコールをポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高圧水銀灯を用い5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。10分間の照射によりPVA-SbQは架橋された。該架橋物をイオン交換水に浸漬すると、体積は約10倍に膨潤した。しかし、pHによるケモメカニカル材料の伸縮を検討したところ、酸性溶液に浸漬すると該架橋物が溶解してしまうことがわかった。この原因は明確ではないが、四級スチルバゾリウム基を導入したポリビニルアルコールのアセタールが分解してしまったことが推定される。

【0251】イオン交換水中で膨潤させた該架橋物を用い、実施例1に記載した方法で弾性率と圧縮強度を測定した。弾性率は11768N/m<sup>2</sup>、圧縮強度は0.5kg/cm<sup>2</sup>であった。

【0252】上記の記載したように、本比較例の化合物は重合速度が遅く、弾性率が小さいことがわかる。

【0253】比較例12

イオン基を有するラジカル重合性単量体として、N, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド(興人)を、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてN, N'-メチレンビスアクリルアミド(和光純薬工業)を、分子内開裂型の光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン(チバガイギー)を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0254】N, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド0.1mol、N, N'-メチレンビスアクリルアミド0.003mol、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン0.003molを混合した配合組成物22を調製した。該配合組成物22をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高圧水銀灯を用い5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。60秒の照射により、配合組成物は重合し硬化物となった。しかし、該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、該硬化物は膨潤しながら崩壊してしまったため、ケモメカニカル材料を得ることはできなかった。

【0255】上記の記載したように、本比較例の配合組成物では水中で崩壊してしまうためケモメカニカル材料は得られないことがわかる。

【0256】実施例14

イオン基を有するラジカル重合性単量体としてN, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド(興人)を、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてN, N'-メチレンビスアクリルアミド(和光純薬工業)を、分子内開裂型の光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン(チバガイギー)を、イオン基を持たない水溶性ラジカル重合性単量体としてアクリルアミド(和光純薬工業)を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0257】N, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド0.1mol、N, N'-メチレンビスアクリルアミド0.002mol、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン0.003mol、アクリルアミド0.004mol、イオン交換水10mlを混合した配合組成物25を調製した。該配合組成物25をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高圧水銀灯を用い5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。60秒の照射により、配合組成物は重合し硬化物となった。該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、体積は約4倍に膨潤し、水溶液のイオン濃度やpHによって伸縮するケモメカニカル材料となった。

【0258】次にpHによるケモメカニカル材料の伸縮について示す。

【0259】該ケモメカニカル材料をpH11の水酸化ナトリウム溶液中で平衡状態としてからその重量を測定し、次に溶液をpH3の塩酸溶液に交換して平衡状態として再び重量を測定した。上記溶液交換による該ケモメカニカル材料の体積変化率は約1.9倍であった。

【0260】ケモメカニカル材料の弾性率と圧縮強度は、pH3の塩酸溶液中で膨潤させた該ケモメカニカル材料を用い実施例1に示した方法で測定した。測定した該ケモメカニカル材料の弾性率は309944N/m<sup>2</sup>、圧縮強度は1.1kg/cm<sup>2</sup>であった(表4参照)。

【0261】

\* \* 【表4】

表4

|       | 重合速度 | 水中における安定性 | 膨潤度 | 体積変化率 | 弾性率<br>(N/m <sup>2</sup> ) | 圧縮強度<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------|------|-----------|-----|-------|----------------------------|-------------------------------|
| 実施例14 | 60秒  | ○         | 4倍  | 1.9倍  | 309,944                    | 1.1                           |
| 実施例15 | 60秒  | ○         | 5倍  | 1.9倍  | 313,812                    | 2.1                           |
| 実施例16 | 60秒  | ○         | 4倍  | 1.6倍  | 349,117                    | 1.6                           |
| 比較例11 | 10分  | ×         | 10倍 | —     | 11,768                     | 0.5                           |

本発明の材料組成にすることにより、実施例12、13のように水溶性高分子を含有しなくとも弾性率が大きく材料強度の強いケモメカニカル材料となる。配合組成物中に高分子を含んだものよりも配合組成物の粘度が低くなるので取り扱いが容易になる。

【0262】比較例11と比較すると本実施例に記載した配合組成物の弾性率が大きく、材料強度が強いことは明確である。

【0263】以上のように、本実施例の配合組成物は、弾性率が大きく材料強度の強い、光照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料となる。

【0264】なお、この実施例は、当然、各種の変形、変更が可能である。

【0265】例えば、イオン基を有するラジカル重合性単量体、及びラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体、及び光重合開始剤は、実施例8に記載したように変更が可能である。また、水溶性ラジカル重合性単量体はアクリルアミド、2-ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、グリセロール(メタ)アクリレートから選ばれる1種以上の単量体から選択される。

【0266】また、該配合物の配合比の変更も可能である。即ち、ラジカル重合性単量体に対してラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体は0.5~5mol%の範囲であることが望ましい。ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体が0.5mol%未満の場合では、ケモメカニカル材料の材料強度が非常に弱くなる。一方、5mol%よりも多量の場合はケモメカニカル材料の伸縮率は小さくなり、膨潤する際ケモメカニカル材料に亀裂が生じ崩壊しやすくなる等の問題が生じる。また、水溶性ラジカル重合性単量体は、ラジカル重合性単量体に対して20~50mol%の範囲であることが望ましい。20mol%未満では水溶性ラジカル重合性単量体を配合はさせた効果が小さく、50mol%よりも多量ではケモメカニカル材料中のイオン基の濃度が小さくなるため応答速度が遅くなる。また、水溶性高分子の配合比は、配合組成物中の水溶性高分子の濃度が50wt%以下であって配合組成物中に沈殿が生じない範囲で多量に配合することが望ましい。

【0267】この実施例には次のような特徴がある。

【0268】(a) ケモメカニカル材料を作成するための配合組成物を、N、N-ジアルキルアミノアルキル(メタ)アクリルアミドとN、N'-ポリメチレンビス

アクリルアミドと分子内開裂型の光重合開始剤とからなる配合組成物にしたことにより、弾性率が大きく材料強度の強いケモメカニカル材料となるという作用があり、弾性率が大きく材料強度の強い光照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料となるという効果がある。

【0269】実施例15

イオン基を有するラジカル重合性単量体としてN、N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド(興人)を、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてN、N'-メチレンビスアクリルアミド(和光純薬工業)を、分子内開裂型の光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン(チバガイギー)を、イオン基を持たない水溶性ラジカル重合性単量体として2-ヒドロキシエチルメタクリレート(共栄社化学)を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0270】N、N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド0.1mol、N、N'-メチレンビスアクリルアミド0.002mol、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン0.003mol、2-ヒドロキシメチルメタクリレート0.004molを混合した配合組成物26を調製した。該配合組成物26をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高圧水銀灯を用い5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。60秒の照射により、配合組成物は重合し硬化物となった。該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、体積は約5倍に膨潤し、水溶液のイオン濃度やpHによって伸縮するケモメカニカル材料となった。

【0271】次にpHによるケモメカニカル材料の伸縮について示す。

【0272】該ケモメカニカル材料をpH11の水酸化ナトリウム溶液中で平衡状態としてからその重量を測定し、次に溶液をpH3の塩酸溶液に交換して平衡状態として再び重量を測定した。上記溶液交換による該ケモメカニカル材料の体積変化率は約1.9倍であった。

【0273】ケモメカニカル材料の弾性率と圧縮強度は、pH3の塩酸溶液中で膨潤させた該ケモメカニカル材料を用い実施例1に示した方法で測定した。測定した該ケモメカニカル材料の弾性率は313812N/m<sup>2</sup>、圧縮強度は2.1kg/cm<sup>2</sup>であった(表4参照)。

【0274】本発明の材料組成にすることにより、水溶



性高分子を含有しなくとも弾性率が大きく材料強度の強いケモメカニカル材料となる。配合組成物中に高分子を含んだものよりも配合組成物の粘度が低くなるので取り扱いが容易になる。

【0275】比較例11と比較する本実施例に記載した配合組成物の弾性率が大きく、材料強度が強いことは明確である(表4参照)。

【0276】弾性率が大きく材料強度の強い、光照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料が得られる。

【0277】なお、この実施例は、実施例14と同様に、当然、各種の変形、変更が可能である。

【0278】この実施例には次のような特徴がある。

【0279】(a) ケモメカニカル材料を作成するための配合組成物を、N、N-ジアルキルアミノアルキル(メタ)アクリルアミドとN、N'-ポリメチレンビスアクリルアミドとアクリルアミドと分子内開裂型の光重合開始剤からなる配合組成物にしたことにより、弾性率が大きく材料強度の強いケモメカニカル材料となり、弾性率が大きく材料強度の強い光照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料が得られる。

【0280】実施例16

イオン基を有するラジカル重合性単量体としてN、N-ジアルキルアミノプロピルアクリルアミド(興人)を、ラジカル重合性の官能基2つ以上有する単量体としてN、N'-メチレンビスアクリルアミド(和光純薬工業)を、分子内開裂型の光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン(チバガイギー)を、イオン基を持たない水溶性ラジカル重合性単量体としてグリセロールメタクリレート(日本油脂)を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0281】N、N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド0.1mol、N、N'-メチレンビスアクリルアミド0.002mol、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン0.003mol、グリセロールメタクリレートmolを混合した配合組成物27を調製した。該配合組成物27をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高压水銀灯を用い5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。60秒の照射により、配合組成物は重合し硬化物となった。該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、体積は約4倍に膨潤し、水溶液のイオン濃度やpHによって伸縮するケモメカニカル材料となった。

【0282】次にpHによるケモメカニカル材料の伸縮について示す。

【0283】該ケモメカニカル材料をpH11の水酸化ナトリウム溶液中で平衡状態としてからその重量を測定し、次に溶液をpH3の塩酸溶液に交換して平衡状態として再び重量を測定した。上記溶液交換による該ケモメカニカル材料の体積変化率は約1.6倍であった。

【0284】ケモメカニカル材料の弾性率と圧縮強度は、pH3の塩酸溶液中で膨潤させた該ケモメカニカル材料を用い実施例1に示した方法で測定した。測定した該ケモメカニカル材料の弾性率は349117N/m<sup>2</sup>、圧縮強度は1.6kg/cm<sup>2</sup>であった(表4参照)。

【0285】本発明の材料組成にすることにより、水溶性高分子を含有しなくとも弾性率が大きく材料強度の強いケモメカニカル材料となる。配合組成物中に高分子を含んだものよりも配合組成物の粘度が低くなるので取り扱いが容易になる。

【0286】比較例11と比較する本実施例に記載した配合組成物の弾性率が大きく、材料強度が強いことは明確である。

【0287】弾性率が大きく材料強度の強い、光照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料が得られる。

【0288】なお、この実施例は、実施例14と同様に、当然、各種の変形、変更が可能である。

【0289】この実施例には次のような特徴がある。

【0290】(a) ケモメカニカル材料を作成するための配合組成物を、N、N-ジアルキルアミノアルキル(メタ)アクリルアミドとN、N'-ポリメチレンビスアクリルアミドとアクリルアミドと分子内開裂型の光重合開始剤からなる配合組成物にしたことにより、弾性率が大きく材料強度の強いケモメカニカル材料となり、弾性率が大きく材料強度の強い光照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料が得られる。

【0291】実施例17

イオン基を有する水溶性高分子としてポリアクリル酸(和光純薬工業)、水溶性のラジカル重合性単量体として2-ヒドロキシエチルメタクリレート(共栄社化学)、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてエチレングリコールジアクリレート(日本油脂)、光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン(チバガイギー)を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0292】2-ヒドロキシエチルメタクリレート0.1mol、エチレングリコールジアクリレート0.003mol、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン0.003molを混合した配合組成物28を5gに、25wt%のポリアクリル酸水溶液を5gとイオン交換水を2gを加え配合組成物29を調製した。該配合組成物29をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高压水銀灯を用い5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。20秒の照射により、配合組成物は重合し硬化物となった。該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、体積は約3倍に膨潤し、水溶液のイオン濃度やpHによって伸縮するケモメカニカル材料となった。



【0293】次にpHによるケモメカニカル材料の伸縮について示す。

【0294】該ケモメカニカル材料をpH3の塩酸溶液中で平衡状態としてからその重量を測定し、次に溶液をpH11の水酸化ナトリウム溶液に交換して平衡状態として再び重量を測定した。上記溶液交換による該ケモメ\*

表5

|       | 重合速度 | 水中における安定性 | 膨潤度 | 体積変化率 | 弾性率<br>(N/a <sup>2</sup> ) | 圧縮強度<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------|------|-----------|-----|-------|----------------------------|-------------------------------|
| 実施例17 | 20秒  | ○         | 3倍  | 2.2倍  | 243.536                    | 3.1                           |
| 実施例18 | 20秒  | ○         | 3倍  | 2倍    | 170.463                    | 2.7                           |
| 比較例11 | 10分  | ×         | 10倍 | —     | 11,768                     | 0.5                           |

本発明の材料組成にすることにより、イオン基を有する水溶性高分子を基材としてラジカル重合性単量体が三次元架橋するため、弾性率が大きく材料強度の強いケモメカニカル材料となる。

【0297】比較例11と比較すると本実施例に記載した配合組成物の弾性率が大きく、材料強度が強いことは明確である(表5参照)。

【0298】本実施例の配合組成物によって弾性率が大きく材料強度の強い、重合可能なケモメカニカル材料が得られる。

【0299】なお、この実施例は、当然、各種の変形、変更が可能である。

【0300】例えば、イオン基を有する水溶性高分子はポリアクリル酸に限定されず、他のイオン基を有する高分子を用いることができる。水溶性のラジカル重合性単量体は2-ヒドロキシエチルメタクリレートに限定されず、アクリロイルモルフォリンやグリセロール(メタ)アクリレートなどのイオン基を持たない水溶性ラジカル重合性単量体の中から選択される。また、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体はエチレングリコールアクリレートに限定されず、ラジカル重合性官能基を2個以上有する化合物であれば何れのラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体であっても用いることができる。しかし、水溶性であり該ラジカル重合性単量体と相溶性が良いものが望ましい。また、光重合開始剤は2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オンに限定されず、他の光重合開始剤とすることができるが、水溶性の光重合開始剤が常温で液体状の光重合性開始剤の方が望ましい。

【0301】また、該配合物の配合比の変更も可能である。即ち、ラジカル重合性単量体に対してラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体は0.5~5mol%、光重合開始剤は0.01~5mol%の範囲であることが望ましい。ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体が0.5mol%未満の場合では、ケモメカニカル材料の材料強度が非常に弱くなる。一方、5mol%よりも多量の場合はケモメカニカル材料の伸縮率が

\* カニカル材料の体積変化率は約2.2倍であった。

【0295】ケモメカニカル材料の弾性率は243536N/m<sup>2</sup>、圧縮強度は3.1kg/cm<sup>2</sup>であった(表5参照)。

【0296】

【表5】

小さくなり、膨潤する際ケモメカニカル材料に亀裂が入り崩壊しやすくなるなどの問題が生じる。また、光重合開始剤が0.001mol%未満の場合は重合速度が遅く、5mol%より多量の場合は重合度が低下する。水溶性高分子の配合比は、配合組成物中の水溶性高分子の濃度が50wt%以下であって配合組成物中に沈殿が生じない範囲で多量に配合することが望ましい。

【0302】この実施例には次のような特徴がある。

【0303】(a)ケモメカニカル材料を作成するための配合組成物を、イオン基を有する水溶性高分子と、イオン基を有さない水溶性のラジカル重合性単量体と、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体と、光重合開始剤からなる配合組成物にしたことにより、弾性率が大きく材料強度の強く光重合速度の速いケモメカニカル材料となり、弾性率が大きく材料強度の強い光照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料が得られる。

【0304】実施例18

イオン基を有する水溶性高分子としてポリアリルアミン(東洋紡績)、水溶性のラジカル重合性単量体としてアクリロイルモルフォリン(興人)、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体としてN,N'-メチレンビスアクリルアミド(和光純薬工業)、光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン(チバガイギー)を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0305】アクリロイルモルフォリン0.1mol、N,N'-メチレンビスアクリルアミド0.003mol、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン0.003molを混合した配合組成物30を5gに、40wt%のポリアリルアミン水溶液を5gとイオン交換水を2gを加え配合組成物31を調製した。該配合組成物31をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高圧水銀灯を5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。20秒の照射により、配合組成物は重合し硬化物となった。該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、体積は約3倍に膨潤し、水溶液のイオン濃度やpHによって伸縮するケモメカニカル材料と

なった。

【0306】次にpHによるケモメカニカル材料の伸縮について示す。

【0307】該ケモメカニカル材料をpH11の水酸化ナトリウム溶液中で平衡状態としてからその重量を測定し、次に溶液をpH3の塩酸溶液に交換して平衡状態として再び重量を測定した。上記溶液交換による該ケモメカニカル材料の体積変化率は約2倍であった。

【0308】ケモメカニカル材料の弾性率は170463N/m<sup>2</sup>、圧縮強度は2.7kg/cm<sup>2</sup>であった（表5参照）。

【0309】本発明の材料組成にすることにより、イオン基を有する水溶性高分子を基材としてラジカル重合性単量体が三次元架橋するため、弾性率が大きく材料強度の強いケモメカニカル材料となる。

【0310】比較例11と比較すると本実施例に記載した配合組成物の弾性率が大きく、材料強度が強いことは明確である（表5参照）。

【0311】本実施例の配合組成物とすることにより弾性率が大きく材料強度の強い、光重合可能なケモメカニカル材料が得られる。

【0312】なお、この実施例は、実施例17に記載したように当然、各種の変形、変更が可能である。

【0313】この実施例には次のような特徴がある。

【0314】（a）ケモメカニカル材料を作成するための配合組成物を、イオン基を有する水溶性高分子と、イオン基を有さない水溶性のラジカル重合性単量体と、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体と、光重合開始剤とからなる配合組成物にしたことにより、弾性率が大きく材料強度の強く光重合速度の速いケモメカニカル材料となり、弾性率が大きく材料強度の強い光照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料が得られ\*

\*る。

【0315】実施例19

イオン基を有する水溶性高分子としてポリアクリル酸（和光純薬工業）、水溶性の多官能オリゴマーとして水溶性ウレタンアクリレート（新中村化学、UA-W3）、光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン（チバガイギー）を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0316】25wt%のポリアクリル酸水溶液3g、水溶性ウレタンアクリレート3g、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン100μlを混合した配合組成物32を調製した。該配合組成物32をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高压水銀灯を5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。60秒の照射により、配合組成物は重合し硬化物となった。該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、体積は約4倍に膨潤し、水溶液のイオン濃度やpHによって伸縮するケモメカニカル材料となった。

【0317】次にpHによるケモメカニカル材料の伸縮について示す。

【0318】該ケモメカニカル材料をpH3の塩酸溶液中で平衡状態としてからその重量を測定し、次に溶液をpH11の水酸化ナトリウム溶液に交換して平衡状態として再び重量を測定した。上記溶液交換による該ケモメカニカル材料の体積変化率は約2.4倍であった。

【0319】ケモメカニカル材料の弾性率は184365N/m<sup>2</sup>、圧縮強度は5.2kg/cm<sup>2</sup>であった（表6参照）。

【0320】

【表6】

表6

|       | 重合速度 | 水中における安定性 | 膨潤度 | 体積変化率 | 弾性率 (N/m <sup>2</sup> ) | 圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------|------|-----------|-----|-------|-------------------------|----------------------------|
| 実施例19 | 60秒  | ○         | 4倍  | 2.4倍  | 184,365                 | 5.2                        |
| 実施例20 | 60秒  | ○         | 4倍  | 2.1倍  | 169,097                 | 2.7                        |
| 比較例11 | 10分  | ×         | 10倍 | -     | 11,768                  | 0.5                        |

本発明の材料組成にすることにより、イオン基を有する水溶性高分子を基材として多官能オリゴマーが三次元架橋するため、弾性率が大きく材料強度の強いケモメカニカル材料となる。

【0321】比較例11と比較すると本実施例に記載した配合組成物の弾性率が大きく、材料強度が強いことは明確である（表6参照）。

【0322】本発明の配合組成物とすることにより弾性率が大きく材料強度の強い、光重合可能なケモメカニカル材料が得られる。

【0323】なお、この実施例は、当然、各種の変形、

変更が可能である。

【0324】例えば、イオン基を有する水溶性高分子は、ポリアクリル酸、ポリビニル硫酸、カルボキシメチルセルロース、ポリアリルアミン、などの高分子から選択される。イオン基の種類は特に限定されないが、重合度の高い高分子の方が望ましい。水溶性の多官能オリゴマーは、ポリエーテルタイプの多官能オリゴマーで水溶性の物の中から選択される。特に、柔軟で強靱な特性を有するウレタン系のオリゴマーが望ましい。多官能オリゴマーの官能基数は、その数が多いほど材料強度が高くなるがケモメカニカル材料としての伸縮率が低下するの

で、その数は2~4の範囲が望ましい。光重合開始剤は、光照射によってラジカルを発生する作用を有する化合物から選択される。特に、水溶性の光重合開始剤が常温で液体状の光重合開始剤の方が望ましい。

【0325】光重合開始剤は、光照射によってラジカルを発生する作用を有する化合物から選択される。特に、水溶性の光重合開始剤が常温で液体状の光重合開始剤の方が望ましい。

【0326】水溶性高分子の配合比は、配合組成物中の水溶性高分子の濃度が50wt%以下であって配合組成物中に沈殿が生じない範囲で多量に配合することが望ましい。水溶性高分子の配合比は、配合組成物中の水溶性高分子の濃度が50wt%以下であって配合組成物中に沈殿が生じない範囲で多量に配合することが望ましい。光重合開始剤は0.01~5wt%の範囲であることが望ましい。

【0327】この実施例には次のような特徴がある。

【0328】(a) ケモメカニカル材料を作成するための配合組成物を、イオン基を有する水溶性高分子と、水溶性の多官能オリゴマーと、光重合開始剤とからなる配合組成物にしたことにより、弾性率が大きく材料強度の強いケモメカニカル材料となり、弾性率が大きく材料強度の強い光照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料が得られる。

【0329】実施例20

イオン基を有する水溶性高分子としてポリアリルアミン(東洋紡績)、水溶性の多官能オリゴマーとして水溶性ウレタンアクリレート(新中村化学、UA-W3)、光重合開始剤として2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン(チバガイギー)を用い以下の方法でケモメカニカル材料の光重合を検討した。

【0330】40wt%のポリアリルアミン水溶液3g、水溶性ウレタンアクリレート3g、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン100 $\mu$ lを混合した配合組成物30を調製した。該配合組成物30をポリエチレン性の0.5mlの容器に入れた。容器の上部から超高压水銀灯を5mW/cm<sup>2</sup>の照度で光を照射した。60秒の照射により、配合組成物は重合し硬化物となった。該硬化物をイオン交換水に浸漬すると、体積は約4倍に膨潤し、水溶液のイオン濃度やpHによって伸縮するケモメカニカル材料となった。

【0331】次にpHによるケモメカニカル材料の伸縮について示す。

【0332】該ケモメカニカル材料をpH11の水酸化ナトリウム溶液中で平衡状態としてからその重量を測定し、次に溶液をpH3の塩酸溶液に交換して平衡状態として再び重量を測定した。上記溶液交換による該ケモメカニカル材料の体積変化率は約2.1倍であった。

【0333】ケモメカニカル材料の弾性率は169097N/m<sup>2</sup>、圧縮強度は2.7kg/cm<sup>2</sup>であった

(表6参照)。

【0334】本発明の材料組成にすることにより、イオン基を有する水溶性高分子を基材として多官能オリゴマーが三次元架橋するため、弾性率が大きく材料強度の強いケモメカニカル材料となる。

【0335】実施例1及び比較例1と比較すると本実施例に記載した配合組成物の弾性率が大きく、材料強度が強いことは明確である(表6参照)。

【0336】弾性率が大きく材料強度の強い、光重合可能なケモメカニカル材料となる。

【0337】なお、この実施例は、実施例19と同様に、当然、各種の変形、変更が可能である。

【0338】ケモメカニカル材料を作成するための配合組成物を、イオン基を有する水溶性高分子と、水溶性の多官能オリゴマーと、光重合開始剤とからなる配合組成物にしたことにより、弾性率が大きく材料強度の強いケモメカニカル材料となり、弾性率が大きく材料強度の強い光照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料が得られる。

【0339】以下に本発明の更なる側面を上記第一の側面から第六の側面と併せて記載する。なお、上記第一の側面から第六の側面(上記(A)から(F))は、それぞれ、下記(1)、(6)、(11)、(12)、(18)、及び(21)に対応する。

【0340】(1) 化学エネルギーを力学エネルギーに変換するケモメカニカル材料において、少なくともイオン基を有するラジカル重合性単量体と、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体と、該ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物と、光重合開始剤とを配合したことを特徴とするケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0341】実施例1、2、3、4、5、6、7、9が該当する。

【0342】(構成) このケモメカニカル材料作成用の配合組成物は、少なくともイオン基を有するラジカル重合性単量体と、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体と、該ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物と、光重合開始剤から構成される。

【0343】イオン基を有するラジカル重合性単量体は、カルボキシル基、スルホン酸基、リン酸基、3級アミン、水酸化4級アミン、スルホニウム基などのイオンを有し、少なくとも1個以上のラジカル重合性官能基を有する単量体の中から選択される。例えば、アクリル酸、メタクリル酸、ビニル酢酸、スチレンスルホン酸、無水マレイン酸、2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸、N、N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド、N、N-ジメチルアミノエチルアクリレート、N、N-ジメチルアミノエチルメタクリレートなどがそれに値する。

【0344】ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体とは、不飽和炭化水素基を2個以上有する単量体の中から選択される。例えば、N-N'-メチレンビスアクリルアミド、エチレングリコールジアクリレート、エチレングリコールジメタクリレート、ポリエチレングリコールジアクリレート、ポリエチレングリコールジメタクリレート、トリメチロールプロパントリアクリレート、ネオペンチルグリコールジアクリレート、テトラメチロールメタンテトラアクリレート、2, 2-ビス[4-(アクリロキシジエトキシ)フェニル]プロパン、グリセロールジアクリレート、グリセロールジメタクリレート、1, 4-ブタンジオールジアクリレート、1-4-ブタンジオールジメタクリレート、ペンタエリスリトールトリアクリレートなどがそれに値する。

【0345】イオン基を有するラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物とは、該ラジカル重合性単量体のイオン基が酸性のイオン基であればアルカリ性を示す化合物の中から選択され、該ラジカル重合性単量体のイオン基がアルカリ性のイオン基であれば酸性を示す化合物の中から選択される。例えば、ラジカル重合性単量体がアクリル酸であれば、イオン基を中和する作用を有する化合物はアルカリ性の水酸化ナトリウムやアミンなどから選択され、ラジカル重合性単量体がN, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミドであれば酸性の塩酸や酢酸などから選択される。該化合物に無機化合物を用いる場合は、あらかじめ水に溶解してから配合した方が配合しやすい。

【0346】光重合開始剤は、光照射によってラジカルが発生する作用を有する化合物から選択される。特に、水溶性の光重合開始剤が常温で液体状の光重合開始剤の方が望ましい。

【0347】該配合組成物の配合比は、ラジカル重合性単量体に対してラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体は0.5~5mol%、光重合開始剤は0.01~5mol%の範囲であることが望ましい。ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体が0.5mol%未満の場合、ケモメカニカル材料の材料強度が非常に弱くなる。一方、5mol%よりも多量の場合はケモメカニカル材料の伸縮率が小さくなり、膨潤する際ケモメカニカル材料に亀裂が入り崩壊しやすくなるなどの問題が生じる。また、光重合開始剤が0.001mol%未満の場合は重合速度が遅く、5mol%よりも多量の場合は重合度が低下する。該ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物の配合比は、該化合物が無機化合物の場合は配合組成物のpHが4~7の範囲になるように調製することが望ましい。pHが4より小さい場合は重合速度が遅く、pHが7を越えると多量の水を配合させないと配合組成物に沈殿が生じてしまい材料強度が弱くなる。また、該化合物が有機化合物の場合は、配合組成物中の含有量が1~50mol%の範囲に

なるように調製することが望ましい。含有量が1mol%未満では重合速度が遅く、50mol%を越えると配合組成物のラジカル重合性単量体含有濃度が薄くなるため材料強度が弱くなる。

【0348】(作用) 本発明の構成にすることにより、ケモメカニカル材料の重合速度が高速化される。この理由は必ずしも明確ではないが、配合組成物が中性に近づくことによってラジカルが発生が阻害されず、速やかに反応が進むことが推定される。

【0349】(効果) 重合速度が速く光照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料作成用の配合組成物となる。

【0350】(2) 上記(1)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物において、ラジカル重合性単量体のイオン基がカルボキシル基、スルホン酸基、3級アミン、水酸化4級アミンであることを特徴とする上記(1)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0351】実施例1、2、3、4、5、6、7、9が該当する。

【0352】(構成) このケモメカニカル材料作成用の配合組成物は、請求項1記載のイオン基を有するラジカル重合性単量体をカルボキシル基、スルホン酸基、3級アミン、水酸化4級アミンから選ばれるイオン基を有する単量体で構成される。

【0353】(作用) 本発明の作用は(1)と同様である。

【0354】(効果) 本発明の効果は(1)と同様である。

【0355】(3) 上記(1)、(2)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物において、ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物が無機化合物であり、該配合組成物のpHが4~7であることを特徴とする上記(1)、(2)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0356】実施例1、2、3、4、9が該当する。

【0357】(構成) このケモメカニカル材料作成用の配合組成物は、上記(1)、(2)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物のラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物を無機化合物とし、該配合組成物のpHが4~7となるよう配合して構成される。

【0358】該無機化合物とは、該ラジカル重合性単量体のイオン基が酸性のイオン基であればアルカリ性を示す化合物の中から選択され、該ラジカル重合性単量体のイオン基がアルカリ性のイオン基であれば酸性を示す化合物の中から選択される。例えば、ラジカル重合性単量体がアクリル酸であればアルカリ性の水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、水酸化カルシウムなどから選択され、ラジカル重合性単量体がN, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミドであれば酸性の塩酸、硫酸、硝酸

などから選択される。無機化合物は、あらかじめ水に溶解してから配合した方が配合しやすい。

【0359】該無機化合物の配合比は、配合組成物のpHが4～7の範囲になるように調製する。pHが4より小さい場合は重合速度が遅く、pHが7を越えると多量の水を配合させないと配合組成物に沈殿が生じてしまい材料強度が弱くなる。

【0360】（作用）上記（1）と同様である。

【0361】（効果）上記（1）と同様である。特に該配合組成物のpHが4～7の範囲において、重合速度が速くかつ強度の強いケモメカニカル材料となる。

【0362】（4）上記（1）、（2）記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物において、ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物が有機化合物であり、該配合組成物中の該有機化合物の含有量が1～50モルパーセントであることを特徴とする上記（1）、（2）記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0363】実施例5、6、7が該当する。

【0364】（構成）このケモメカニカル材料作成用の配合組成物は、上記（1）、（2）記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物のラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物を有機化合物とし、該配合組成物中の該有機化合物の含有量が1～50モルパーセントになるよう配合して構成される。

【0365】該有機化合物とは、該ラジカル重合性単量体のイオン基が酸性のイオン基であればアルカリ性を示す化合物の中から選択され、該ラジカル重合性単量体のイオン基がアルカリ性のイオン基であれば酸性を示す化合物の中から選択される。例えば、ラジカル重合性単量体がアクリル酸であればアルカリ性のアミンなどから選択され、ラジカル重合性単量体がN、N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミドであれば酸性の酢酸などから選択される。該有機化合物は常温で液体であるものが望ましい。

【0366】該有機化合物の配合比は、配合組成物中の含有量が1～50mol%の範囲になるように調製する。含有量が1mol%未満では重合速度が遅く、50mol%を越えると配合組成物のラジカル重合性単量体含有濃度が薄くなるため材料強度が弱くなる。

【0367】（作用）上記（1）と同様である。

【0368】（効果）上記（1）と同様である。特に該有機化合物の含有量が1～50モルパーセントの範囲において、重合速度が速く材料強度が強いケモメカニカル材料となる。また、ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物を有機化合物とすることによって、配合組成物に水を含有しなくとも沈殿物が生じにくくなる。配合組成物に水を混合すると、用いる光重合開始剤が水に分散可能なものか水に溶解性のあるものに限定されるが、本配合組成物ではその必要がなく、光

重合開始剤の選択の幅が広くなる。

【0369】（5）上記（1）、（2）、（4）に記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物において、ラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物がラジカル重合性の官能基を有する有機化合物であることを特徴とする上記（1）、（2）、（4）記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0370】実施例7が該当する。

【0371】（構成）このケモメカニカル材料作成用の配合組成物は、上記（1）、（2）、（4）記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物のラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物をラジカル重合性の官能基を有する有機化合物を用いて構成される。

【0372】該有機化合物とは、該ラジカル重合性単量体のイオン基が酸性のイオン基であればアルカリ性を示すラジカル重合性有機化合物の中から選択され、該ラジカル重合性単量体のイオン基がアルカリ性のイオン基であれば酸性を示すラジカル重合性有機化合物の中から選択される。例えば、ラジカル重合性単量体がアクリル酸であればアルカリ性のN、N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミドやN、N-ジメチルアミノエチルアクリレートなどから選択され、反対にラジカル重合性単量体がN、N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミドであれば酸性のメタクリル酸、アクリル酸、2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸などから選択される。

【0373】該有機化合物の配合比は配合組成物中の含有量が1～99mol%の範囲になるように調製することが望ましい。それ以外の配合比では重合速度が遅くなる。また、重合されたケモメカニカル材料はカチオン性のイオン基とアニオン性のイオン基を有するため、pH変化による伸縮の挙動は複雑なものとなる。したがって、アクチュエータに応用する場合、イオン濃度変化によるケモメカニカル材料の収縮を利用した方が望ましい。

【0374】（作用）上記（1）と同様である。

【0375】（効果）上記（1）と同様である。特に該有機化合物がラジカル重合性の官能基を有することによって、配合組成物のラジカル重合性単量体の含有率が高くなるため重合物の材料強度が強くなる。

【0376】（6）化学エネルギーを力学エネルギーに変換するケモメカニカル材料において、少なくともイオン基を有するラジカル重合性単量体と、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体と、水溶性高分子と、重合開始剤とを配合したことを特徴とするケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0377】実施例10、11、12、13、14が該当する。

【0378】（構成）このケモメカニカル材料作成用の

配合組成物は、少なくともイオン基を有するラジカル重合性単量体と、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体と、水溶性高分子と、重合開始剤とから構成される。

【0379】イオン基を有するラジカル重合性単量体とラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体は、上記(1)構成に示したものと同様の化合物を用いる。

【0380】水溶性高分子は特に限定されず、ポリビニルアルコール、ポリエチレングリコール、ゼラチン、ポリアクリルアミド、ポリ-N-イソプロピルアクリルアミド、ポリアクリロイルモルフォリン、ポリビニルピロリドン、ポリ-2-ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、ポリ-グリセロール(メタ)アクリレート、などのイオン基を持たない水溶性高分子と、ポリエチレンスルホン酸、ポリビニル硫酸、ポリスチレンスルホン酸、カルボキシメチルセルロース、コンドロイチン硫酸、デキストラン硫酸、硫酸セルロース、ポリアリルアミン、ポリアクリル酸、ポリ-2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸、ポリ-N, N-ジメチルアミノエチルアクリレート、ポリ-N, N-ジメチルアミノエチルメタクリレート、ポリ-N, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド、ポリ-3-アクリルアミドプロピルトリメチルアンモニウムクロライド、ポリ-2-アクリロイルオキシエチルトリメチルアンモニウムクロライド、などのイオン基を有する高分子のどちらの高分子でも用いることができる。ただし、イオン基を有する水溶性高分子を用いる場合は、ラジカル重合性単量体のイオン基と同種の電荷のイオン基であることが望ましい。また、重合度の高い水溶性高分子の方が望ましい。また、水溶性高分子の配合比は、配合組成物中の水溶性高分子の濃度が50wt%以下であって配合組成物中に沈殿が生じない範囲で多量に配合することが望ましい。

【0381】重合開始剤は、光または熱によってラジカルを発生する化合物の中から選択される。

【0382】(作用) 水溶性高分子を基材としてラジカル重合性単量体が三次元架橋するため、材料強度の強いケモメカニカル材料となる。

【0383】(効果) 材料強度の強いケモメカニカル材料となる。

【0384】(7) 上記(6)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物において、重合開始剤が光重合開始剤であることを特徴とする上記(6)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0385】実施例10、11、13が該当する。

【0386】(構成) このケモメカニカル材料作成用の配合組成物は、上記(6)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物の重合開始剤を光重合開始剤を用いて構成される。

【0387】重合開始剤は、光によってラジカルを発生する化合物の中から選択される。

【0388】(作用) 上記(6)と同様である。

【0389】(効果) 上記(6)と同様である。

【0390】(8) 上記(6)、(7)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物において、水溶性高分子がポリビニルアルコール、ポリエチレングリコール、ゼラチン、ポリアクリルアミド、ポリ-N-イソプロピルアクリルアミド、ポリアクリロイルモルフォリン、ポリビニルピロリドン、ポリ-2-ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、ポリ-グリセロール(メタ)アクリレート、ポリエチレンスルホン酸、ポリビニル硫酸、ポリスチレンスルホン酸、カルボキシメチルセルロース、コンドロイチン硫酸、デキストラン硫酸、硫酸セルロース、ポリアリルアミン、ポリアクリル酸、ポリ-2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸、ポリ-N, N-ジメチルアミノエチルアクリレート、ポリ-N, N-ジメチルアミノエチルメタクリレート、ポリ-N, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド、ポリ-3-アクリルアミドプロピルトリメチルアンモニウムクロライド、ポリ-2-アクリロイルオキシエチルトリメチルアンモニウムクロライドのうち一種または複数で構成されることを特徴とする上記(6)、(7)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0391】実施例10、11、12、13が該当する。

【0392】(構成) このケモメカニカル材料作成用の配合組成物は、上記(6)、(7)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物の水溶性高分子に、ポリビニルアルコール、ポリエチレングリコール、ゼラチン、ポリアクリルアミド、ポリ-N-イソプロピルアクリルアミド、ポリアクリロイルモルフォリン、ポリビニルピロリドン、ポリ-2-ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、ポリ-グリセロール(メタ)アクリレート、ポリエチレンスルホン酸、ポリビニル硫酸、ポリスチレンスルホン酸、カルボキシメチルセルロース、コンドロイチン硫酸、デキストラン硫酸、硫酸セルロース、ポリアリルアミン、ポリアクリル酸、ポリ-2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸、ポリ-N, N-ジメチルアミノエチルアクリレート、ポリ-N, N-ジメチルアミノエチルメタクリレート、ポリ-N, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド、ポリ-3-アクリルアミドプロピルトリメチルアンモニウムクロライド、ポリ-2-アクリロイルオキシエチルトリメチルアンモニウムクロライドのうち一種または複数を用いて構成される。

【0393】(作用) 上記(6)と同様である。

【0394】(効果) 上記(6)と同様である。

【0395】(9) 上記(6)、(7)、(8)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物において、水溶性高分子が該ラジカル重合性単量体のイオン基と同種の電荷のイオン基を有する高分子であることを特徴とする上記(6)、(7)、(8)記載のケモメカニカル材

料作成用の配合組成物。

【0396】実施例13が該当する。

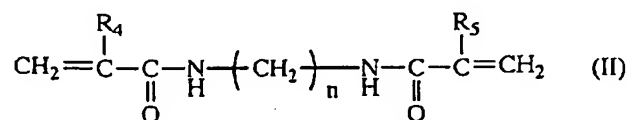
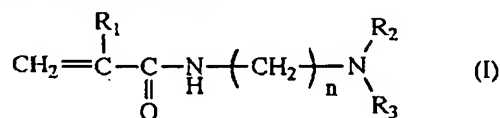
【0397】（構成）このケモメカニカル材料作成用の配合組成物は、上記（6）、（7）、（8）記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物の水溶性高分子に、該ラジカル重合性単量体のイオン基と同種の電荷のイオン基を有する高分子を用いて構成される。

【0398】該水溶性高分子は該ラジカル重合性単量体のイオン基がカチオン性の場合、ポリアリルアミン、ポリ-N, N-ジメチルアミノエチルアクリレート、ポリ-N, N-ジメチルアミノエチルメタクリレート、ポリ-N, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド、ポリ-3-アクリルアミドプロピルトリメチルアンモニウムクロライド、ポリ-2-アクリロイルオキシエチルトリメチルアンモニウムクロライドなどのカチオン性のイオン基を有する高分子の中から選択され、該ラジカル重合性単量体のイオン基がアニオン性の場合、ポリアクリル酸、ポリエチレンスルホン酸、ポリビニル硫酸、ポリスチレンスルホン酸、カルボキシメチルセルロース、コンドロイチン硫酸、デキストラン硫酸、硫酸セルロース、ポリ-2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸、などのアニオン性のイオン基を有する高分子の中から選択される。また、該高分子は重合度の高い高分子の方が望ましい。また、該高分子の配合比は、配合組成物中の水溶性高分子の濃度が50wt%以下であって、配合組成物中に沈殿が生じない範囲で多量に配合することが望ましい。

【0399】（作用）ケモメカニカル材料の伸縮率と応答速度はケモメカニカル材料に含まれるイオン基の濃度に依存する。本構成にすることにより、ケモメカニカル材料に含まれる同種のイオン基の濃度が高くなるため、ケモメカニカル材料の伸縮率が大きく、かつ応答速度が速くなる。

【0400】（効果）材料強度が強く、伸縮率が大きく、応答速度の速いケモメカニカル材料となる。

\*



但し、 $\text{R}_1$ 、 $\text{R}_4$ 及び $\text{R}_5$ は水素若しくはメチル基であり、 $\text{R}_2$ 及び $\text{R}_3$ は独立に水素若しくは低級アルキル基であり、 $n$ は1から5の整数である。

【0408】実施例8が該当する。

【0409】（構成）このケモメカニカル材料作成用の配合組成物は、少なくとも一般式（I）で示されるN,

\*【0401】（10）上記（1）から（9）記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物において、イオン基を有するラジカル重合性単量体がアクリル酸、メタクリル酸、ビニル酢酸、スチレンスルホン酸、無水マレイン酸、2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸、N, N-ジメチルアミノエチルアクリレート、N, N-ジメチルアミノエチルメタクリレートのうち一種または複数で構成されることを特徴とする上記（1）から（9）記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0402】実施例1、2、3、4、5、6、7、10が該当する。

【0403】（構成）このケモメカニカル材料作成用の配合組成物は、上記（1）から（9）記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物のイオン基を有するラジカル重合性単量体に、アクリル酸、メタクリル酸、ビニル酢酸、スチレンスルホン酸、無水マレイン酸、2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸、N, N-ジメチルアミノエチルアクリレート、N, N-ジメチルアミノエチルメタクリレートのうち一種または複数を用いて構成される。

【0404】（作用）上記（1）から（9）と同様である。

【0405】（効果）上記（1）から（9）と同様である。

【0406】（11）化学エネルギーを力学エネルギーに変換するケモメカニカル材料において、少なくとも一般式（I）で示されるN, N-ジアルキルアミノアルキル（メタ）アクリルアミドと、一般式（II）で示されるN, N'-ポリメチレンビスアクリルアミドと、光重合開始剤とを配合したことを特徴とするケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0407】

【化6】

N-ジアルキルアミノアルキル（メタ）アクリルアミドと、一般式（II）で示されるN-N'-ポリメチレンビスアクリルアミドと、光重合開始剤とから構成される。

【0410】光重合開始剤は、光によりラジカルを発生する化合物であれば特に限定されない。

【0411】該配合物の配合比は、ラジカル重合性単量



体に対してラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体は0.5~2mol%、光重合開始剤は0.01~5mol%の範囲であることが望ましい。ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体が0.5mol%未満の場合では、ケモメカニカル材料の材料強度が非常に弱くなる。一方、2mol%よりも多量の場合はケモメカニカル材料の伸縮率が小さくなり、膨潤する際にケモメカニカル材料に亀裂が生じ崩壊しやすくなるなどの問題が生じる。また、光重合開始剤が0.001mol%未満の場合は重合速度が遅く、5mol%よりも多量の場合

【0412】(作用) 上記(1)から(5)に示したように特に配合組成物にラジカル重合性単量体のイオン基を中和する作用を有する化合物を含有すること無く、重合速度の速いケモメカニカル材料作成用の配合組成物となる。

【0413】(効果) 重合速度が速く光照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料となる。

【0414】(12) 化学エネルギーを力学エネルギーに変換するケモメカニカル材料において、上記の少なくとも一般式(I)で示されるN、N'-ジアルキルアミノアルキル(メタ)アクリルアミドと、一般式(II)で示されるN、N'-ポリメチレンビスアクリルアミドと、イオン基を持たない水溶性ラジカル重合性単量体と、光重合開始剤とを配合したことを特徴とするケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0415】実施例14、15、16が該当する。

【0416】(構成) このケモメカニカル材料作成用の配合組成物は、少なくとも一般式(I)で示されるN、N'-ジアルキルアミノアルキル(メタ)アクリルアミドと、一般式(II)で示されるN、N'-ポリメチレンビスアクリルアミドと、イオン基を持たない水溶性ラジカル重合性単量体と、光重合開始剤とから構成される。

【0417】該水溶性ラジカル重合性単量体はアクリルアミド、2-ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、グリセロール(メタ)アクリレートから選ばれる1種以上の単量体から選択される。水溶性ラジカル重合性単量体はラジカル重合性単量体に対して20~50mol%の範囲であることが望ましい。20mol%未満では水溶性ラジカル重合性単量体を配合させた効果が小さく、50mol%よりも多量ではケモメカニカル材料中のイオン基の濃度が小さくなるため応答速度が遅くなる。

【0418】(作用) イオン基を持たない水溶性ラジカル重合性単量体に加わることにより、弾性率の高いケモメカニカル材料が得られる。

【0419】(効果) 重合速度が速く、弾性率の高いケモメカニカル材料となる。

【0420】(13) 上記(12)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物において、水溶性ラジカル重合性単量体がアクリルアミド、2-ヒドロキシエチル

(メタ)アクリレート、グリセロール(メタ)アクリレートから選ばれる1種以上の単量体であることを特徴とする上記(12)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0421】実施例14、15、16が該当する。

【0422】(構成) このケモメカニカル材料作成用の配合組成物は、上記(12)と同様である。

【0423】(作用) 上記(12)と同様である。

【0424】(効果) 上記(12)と同様である。

【0425】(14) 上記(1)から(9)に記載のケモメカニカル材料において、該イオン基を有するラジカル重合性単量体が一般式(I)で示されるN、N'-ジアルキルアミノアルキル(メタ)アクリルアミドであり、該ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体が一般式(II)で示されるN、N'-ポリメチレンビスアクリルアミドであることを特徴とする、上記(1)から(9)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0426】実施例11、12、13が該当する。

【0427】(構成) このケモメカニカル材料作成用の配合組成物は、上記(1)から(9)のケモメカニカル材料のイオン基を有するラジカル重合性単量体に一般式(I)で示されるN、N'-ジアルキルアミノアルキル(メタ)アクリルアミドを用い、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体に一般式(II)で示されるN、N'-ポリメチレンビスアクリルアミドを用いて構成される。

【0428】(作用) 上記(1)から(9)と同様である。

【0429】(効果) 上記(1)から(9)に記載した効果と同様である。

【0430】(15) 上記(11)から(14)記載の一般式(I)で示されるN、N'-ジアルキルアミノアルキル(メタ)アクリルアミドがN、N'-ジメチルアミノプロピルアクリルアミドであり、一般式(II)で示されるN、N'-ポリメチレンビスアクリルアミドがN、N'-メチレンビスアクリルアミドであることを特徴とする、上記(11)から(14)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0431】実施例8、9、11、12、13、14、15、16が該当する。

【0432】(構成) このケモメカニカル材料作成用の配合組成物は、上記(11)から(14)記載の一般式(I)で示されるN、N'-ジアルキルアミノアルキル(メタ)アクリルアミドがN、N'-ジメチルアミノプロピルアクリルアミドであり、一般式(II)で示されるN、N'-ポリメチレンビスアクリルアミドがN、N'-メチレンビスアクリルアミドを用いて構成される。

【0433】(作用) 上記(11)から(14)と同様である。



【0434】(効果) 上記(11)から(14)と同様である。

【0435】(16) 上記(11)から(15)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物において、重合開始剤が分子内開裂型の光重合開始剤であることを特徴とする上記(11)から(15)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0436】実施例8、9、11、12、13、14、15、16が該当する。

【0437】(構成) このケモメカニカル材料作成用の配合組成物は、上記(11)から(15)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物の重合開始剤に分子内開裂型の光重合開始剤を用いて構成される。

【0438】光重合開始剤は、「分子内結合開裂型」と「分子間水素引き抜き型」の二つに分けられる。分子内結合開裂型と、三重項状態にある光開始剤分子自身が分子開裂してラジカルを生成するものである。一方、分子間水素引き抜き型は、三重項状態にある光開始剤が水素供与体(光重合促進剤)とコンプレックスを作り、水素原子が光開始剤分子へ分子間移動してラジカルを作るものである。

【0439】本構成の開始剤は分子内開裂型の光重合開始剤の中から選択される。

【0440】(作用) 重合速度が速く、内部硬化性の高いケモメカニカル材料が得られる。

【0441】(効果) 重合速度が速く、材料強度の強いケモメカニカル材料となる。

【0442】(17) 上記(11)から(16)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物において、重合開始剤がベンゾフェノン、2, 2-ジメトキシ-1, 2-ジフェニルエタン-1-オン、1-ヒドロキシシクロヘキシルフェニルケトン、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン、2, 4, 6-トリメチルベンゾイルジフェニルフォスホンオキサイド、1-[4-(2-ヒドロキシエトキシ)-フェニル]-2-ヒドロキシ-2-メチル-1-プロパン-1-オン、のうちの一種または複数で構成されていることを特徴とする上記(11)から(16)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0443】実施例8、9、11、12、13、14、15、16が該当する。

【0444】(構成) このケモメカニカル材料作成用の配合組成物は、上記(11)から(16)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物の重合開始剤に、ベンゾフェノン、2, 2-ジメトキシ-1, 2-ジフェニルエタン-1-オン、1-ヒドロキシシクロヘキシルフェニルケトン、2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニルプロパン-1-オン、2, 4, 6-トリメチルベンゾイルジフェニルフォスホンオキサイド、1-[4-(2-ヒドロキシエトキシ)-フェニル]-2-ヒドロ

キシ-2-メチル-1-プロパン-1-オン、のうちの一種または複数で構成される。

【0445】(作用) 上記(16)と同様である。

【0446】(効果) 上記(16)と同様である。

【0447】(18) 化学エネルギーを力学エネルギーに変換するケモメカニカル材料において、少なくともイオン基を有する水溶性高分子と、イオン基を持たない水溶性のラジカル重合性単量体と、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体と、光重合開始剤とを配合したことを特徴とするケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0448】実施例17、18が該当する。

【0449】(構成) このケモメカニカル材料作成用の配合組成物は、少なくともイオン基を有する水溶性高分子と、水溶性のラジカル重合性単量体と、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体と、光重合開始剤とから構成される。

【0450】イオン基を有する水溶性高分子は、ポリエチレンスルホン酸、ポリビニル硫酸、ポリスチレンスルホン酸、カルボキシメチルセルロース、コンドロイチン硫酸、デキストラン硫酸、硫酸セルロース、ポリアリルアミン、ポリアクリル酸、ポリ-2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸、ポリ-N, N-ジメチルアミノエチルアクリレート、ポリ-N, N-ジメチルアミノエチルメタクリレート、ポリ-N, N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド、ポリ-3-アクリルアミドプロピルトリメチルアンモニウムクロライド、ポリ-2-アクリロイルオキシエチルトリメチルアンモニウムクロライドなどの高分子から選択される。イオン基の種類は特に限定されないが、重合度の高い高分子の方が望ましい。水溶性ラジカル重合性単量体は、感光性樹脂として広く用いられている単量体で水溶性のものの中から選択される。例えば、アクリロイルモルフォリン、2-ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、エチレングリコール(メタ)アクリレート、アクリルアミド、グリセロール(メタ)アクリレート、ビニルピロリドン、N-イソプロピルアクリルアミド、2-ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、2-ヒドロキシプロピル(メタ)アクリレート、モルフォリノエチル(メタ)アクリレート、(メタ)アクリル酸メチル、(メタ)アクリル酸エチルなどがそれに値する。ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体と、ラジカル重合性官能基を2個以上有する単量体の中から選択される。例えば、N, N'-メチレンビスアクリルアミド、エチレングリコールジアクリレート、エチレングリコールジメタクリレート、ポリエチレングリコールジアクリレート、ポリエチレングリコールジメタクリレート、トリメチロールプロパントリアクリレート、ネオペンチルグリコールジアクリレート、テトラメチロールメタンテトラアクリレート、2, 2-ビス[4-(アクリロキシジエトキシ)フ

フェニル] プロパン、グリセロールジアクリレート、グリセロールジメタクリレート、1, 4-ブタンジオールジアクリレート、1, 4-ブタンジオールジメタクリレート、ペンタエリスリトールトリアクリレート、などがそれに値する。光重合開始剤は、光照射によってラジカルを発生する作用を有する化合物から選択される。特に、水溶性の光重合開始剤が常温で液体状の光重合性開始剤の方が望ましい。

【0451】該配合組成物の配合比は、ラジカル重合性単量体に対してラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体は0.5~5mol%、光重合開始剤は0.01~5mol%の範囲であることが望ましい。ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体が0.5mol%未満の場合では、ケモメカニカル材料の材料強度が非常に弱くなる。一方、5mol%よりも多量の場合はケモメカニカル材料の伸縮率が小さくなる、膨潤する際ケモメカニカル材料に亀裂が入り崩壊しやすくなる、などの問題が生じる。また、光重合開始剤が0.001mol%未満の場合は重合速度が遅く、5mol%よりも多量の重合度が低下する。また、水溶性高分子の配合比は、配合組成物中の水溶性高分子の濃度が50wt%以下であって配合組成物中に沈殿が生じない範囲で多量に配合することが望ましい。

【0452】(作用) 重合速度が速く、材料強度が強いケモメカニカル材料が得られる。

【0453】(効果) 重合速度が速く、材料強度の強いケモメカニカル材料となる。

【0454】(19) 上記(18)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物において、イオン基を持たない水溶性のラジカル重合性単量体がアクリロイルモルフォリン、2-ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、エチレングリコール(メタ)アクリレート、アクリルアミド、グリセロール(メタ)アクリレート、ビニルピロリドン、N-イソプロピルアクリルアミド、2-ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、2-ヒドロキシプロピル(メタ)アクリレート、モルフォリノエチル(メタ)アクリレート、(メタ)アクリル酸メチル、(メタ)アクリル酸エチルのうち一種または複数で構成されていることを特徴とする上記(18)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0455】実施例17、18が該当する。

【0456】(構成) このケモメカニカル材料作成用の配合組成物は、上記(18)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物のイオン基を持たない水溶性のラジカル重合性単量体に、アクリロイルモルフォリン、2-ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、エチレングリコール(メタ)アクリレート、アクリルアミド、グリセロール(メタ)アクリレート、ビニルピロリドン、N-イソプロピルアクリルアミド、2-ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、2-ヒドロキシプロピル(メ

タ)アクリレート、モルフォリノエチル(メタ)アクリレート、(メタ)アクリル酸メチル、(メタ)アクリル酸エチルのうち一種または複数を用いて構成される。

【0457】(作用) 重合速度が速く、材料強度が強いケモメカニカル材料が得られる。

【0458】(効果) 重合速度が速く、材料強度の強いケモメカニカル材料となる。

【0459】(20) 上記(1)から(10)、(18)、(19)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物において、ラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体がN, N'-メチレンビスアクリルアミド、エチレングリコールジアクリレート、エチレングリコールジメタクリレート、ポリエチレングリコールジアクリレート、ポリエチレングリコールジメタクリレート、トリメチロールプロパントリアクリレート、ネオペンチルグリコールジアクリレート、テトラメチロールメタンテトラアクリレート、2, 2-ビス[4-(アクリロキシジエトキシ)フェニル]プロパン、グリセロールジアクリレート、グリセロールジメタクリレート、1, 4-ブタンジオールジアクリレート、1, 4-ブタンジオールジメタクリレート、ペンタエリスリトールトリアクリレートのうち一種または複数で構成されることを特徴とする上記(1)から(10)、(18)、(19)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0460】実施例1から7、10、17、18が該当する。

【0461】(構成) このケモメカニカル材料作成用の配合組成物は、上記(1)から(10)、(18)、(19)記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物のラジカル重合性の官能基を2つ以上有する単量体に、N, N'-メチレンビスアクリルアミド、エチレングリコールジアクリレート、エチレングリコールジメタクリレート、ポリエチレングリコールジアクリレート、ポリエチレングリコールジメタクリレート、トリメチロールプロパントリアクリレート、ネオペンチルグリコールジアクリレート、テトラメチロールメタンテトラアクリレート、2, 2-ビス[4-(アクリロキシジエトキシ)フェニル]プロパン、グリセロールジアクリレート、グリセロールジメタクリレート、1, 4-ブタンジオールジアクリレート、1, 4-ブタンジオールジメタクリレート、ペンタエリスリトールトリアクリレートのうち一種または複数を用いて構成される。

【0462】(作用) 上記(1)から(10)、(18)、(19)と同様である。

【0463】(効果) 上記(1)から(10)、(18)、(19)と同様である。

【0464】(21) 化学エネルギーを力学エネルギーに変換するケモメカニカル材料において、少なくともイオン基を有する水溶性高分子と、水溶性の多官能オリゴマーと、光重合開始剤とを配合したことを特徴とする

ケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0465】実施例19、20が該当する。

【0466】（構成）このケモメカニカル材料作成用の配合組成物は、少なくともイオン基を有する水溶性高分子と、水溶性の多官能オリゴマーと、光重合開始剤とから構成される。

【0467】イオン基を有する水溶性高分子は、ポリエチレンスルホン酸、ポリビニル硫酸、ポリスチレンスルホン酸、カルボキシメチルセルロース、コンドロイチン硫酸、デキストラン硫酸、硫酸セルロース、ポリアリルアミン、ポリアクリル酸、ポリ-2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸、ポリ-N、N-ジメチルアミノエチルアクリレート、ポリ-N、N-ジメチルアミノエチルメタクリレート、ポリ-N、N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド、ポリ-3-アクリルアミドプロピルトリメチルアンモニウムクロライド、ポリ-2-アクリロイルオキシエチルトリメチルアンモニウムクロライドなどの高分子から選択される。イオン基の種類は特に限定されないが、重合度の高い高分子の方が望ましい。水溶性の多官能オリゴマーは、ポリエーテルタイプの多官能オリゴマーで水溶性の物の中から選択される。特に、柔軟で強靱な特性を有するウレタン系のオリゴマーが望ましい。多官能オリゴマーの官能基数は、その数が多いほど材料強度が高くなるがケモメカニカル材料としての伸縮率が低下するので、その数は2~4の範囲が望ましい。光重合開始剤は、光照射によってラジカルを発生する作用を有する化合物から選択される。特に、水溶性の光重合開始剤が常温で液体状の光重合性開始剤の方が望ましい。

【0468】光重合開始剤は、光照射によってラジカルを発生する作用を有する化合物から選択される。特に、水溶性の光重合開始剤が常温で液体状の光重合開始剤の方が望ましい。

【0469】水溶性高分子の配合比は、配合組成物中の水溶性高分子の濃度が50wt%以下であって配合組成物中に沈殿が生じない範囲で多量に配合することが望ましい。水溶性高分子の配合比は、配合組成物中の水溶性高分子の濃度が50wt%以下であって配合組成物中に沈殿が生じない範囲で多量に配合することが望ましい。光重合開始剤は0.01~5wt%の範囲であることが望ましい。

【0470】（作用）多官能オリゴマーは光反応性が高く、強度の強い硬化物となる。この多官能オリゴマーが水溶性高分子を基材として三次元架橋するため、重合速度が速く材料強度の強いケモメカニカル材料となる。

【0471】（効果）重合速度が速く、材料強度の強いケモメカニカル材料となる。

【0472】（22）上記（21）記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物において、多官能オリゴマーがウレタンオリゴマーであることを特徴とする上記

（21）記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0473】実施例19、20が該当する。

【0474】（構成）このケモメカニカル材料作成用の配合組成物は、上記（21）記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物の多官能オリゴマーにウレタンオリゴマーを用いて構成される。

【0475】（作用）ウレタンオリゴマーが有する強靱かつ柔軟な特性がケモメカニカル材料に付与される。

【0476】（効果）重合速度が速く、材料強度が高く、伸縮率の大きいケモメカニカル材料となる。

【0477】（23）上記（9）、（14）、（18）から（22）記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物において、イオン基を有する水溶性高分子がポリエチレンスルホン酸、ポリビニル硫酸、ポリスチレンスルホン酸、カルボキシメチルセルロース、コンドロイチン硫酸、デキストラン硫酸、硫酸セルロース、ポリアリルアミン、ポリアクリル酸、ポリ-2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸、ポリ-N、N-ジメチルアミノエチルアクリレート、ポリ-N、N-ジメチルアミノエチルメタクリレート、ポリ-N、N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド、ポリ-3-アクリルアミドプロピルトリメチルアンモニウムクロライド、ポリ-2-アクリロイルオキシエチルトリメチルアンモニウムクロライドのうち一種または複数で構成されることを特徴とする上記（9）、（14）、（18）から（22）記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物。

【0478】実施例13、17~20が該当する。

【0479】（構成）このケモメカニカル材料作成用の配合組成物は、上記（9）、（14）、（18）から（22）記載のケモメカニカル材料作成用の配合組成物のイオン基を有する水溶性高分子に、ポリエチレンスルホン酸、ポリビニル硫酸、ポリスチレンスルホン酸、カルボキシメチルセルロース、コンドロイチン硫酸、デキストラン硫酸、硫酸セルロース、ポリアリルアミン、ポリアクリル酸、ポリ-2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸、ポリ-N、N-ジメチルアミノエチルアクリレート、ポリ-N、N-ジメチルアミノエチルメタクリレート、ポリ-N、N-ジメチルアミノプロピルアクリルアミド、ポリ-3-アクリルアミドプロピルトリメチルアンモニウムクロライド、ポリ-2-アクリロイルオキシエチルトリメチルアンモニウムクロライドのうち一種または複数を用いて構成される。

【0480】（作用）上記（9）、（14）、（18）から（22）と同様である。

【0481】（効果）上記（9）、（14）、（18）から（22）と同様である。

【0482】（24）上記（1）から（23）記載の配合組成物に光を照射して作成したことを特徴とするケ

モメカニカル材料。

【0483】実施例1～20が該当する。

【0484】（構成）上記（1）から（23）に記載の配合組成物をイオン交換水を用いて混合し、該配合組成物をポリエチレン性の容器に入れ、容器の上部から超高压水銀灯を用いて照射し、該配合組成物を重合させ留ことによって得られるケモメカニカル材料。

【0485】（作用）照射により重合可能なケモメカニカル材料となる。

【0486】（効果）重合速度が速く照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料作成用の配合組成物となる。

【0487】（25） 上記（1）から（23）記載の配合組成物に光を照射してケモメカニカル材料を作成することを特徴とするケモメカニカル材料の作用方法。

【0488】実施例1～20が該当する。

【0489】（構成）照射によりケモメカニカル材料を得る方法であって、上記（1）から（23）に記載の配合組成物をイオン交換水を用いて混合する工程、該配合組成物をポリエチレン性の容器に入れ、容器の上部から超高压水銀灯を用いて照射し重合する工程とを具備したことを特徴とする方法。

【0490】（作用）照射によりケモメカニカル材料の重合が可能となる。

【0491】（効果）照射により容易にケモメカニカル材料が重合できる。

【0492】

【発明の効果】本発明の第一の側面のケモメカニカル材料作成用配合組成物を用いると、重合速度が速く、照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料作成用配

【0493】本発明の第二の側面によれば、弾性率が大きく材料強度の強いケモメカニカル材料を得ることができる。

【0494】本発明の第三の側面によれば、ケモメカニカル材料を作成するための配合組成物を、N、N-ジアルキルアミノアルキル（メタ）アクリルアミドとN、N'-ポリエチレンビスアクリルアミドにしたことにより、ケモメカニカル材料の重合速度が高速化され、重合速度が速く照射により容易に重合可能なケモメカニカル材料が得られる。また、ラジカル重合性単体のイオン基を中和する作用を有する化合物を含有すること無くケモメカニカル材料の光重合が可能となる。

【0495】本発明の第四の側面によれば、本発明の配合組成物により得られるケモメカニカル材料は重合速度が速く、弾性率の高いケモメカニカル材料となる。

【0496】本発明の第五の側面によれば、本発明の配合組成物により得られるケモメカニカル材料は重合速度が速く、材料強度の強いケモメカニカル材料となる。

【0497】本発明の第六の側面によれば、発明の配合組成物により得られるケモメカニカル材料は重合速度が速く、材料強度の強いケモメカニカル材料となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、ケモメカニカル材料の弾性率及び材料強度を測定する装置の模式図である。

【符号の説明】

- 1…ケモメカニカル材料の弾性率及び圧縮強度を測定するための測定装置
- 2…ケモメカニカル材料
- 3…ポリエチレン製容器
- 4…ケモメカニカル材料を平衡にする溶液
- 5…圧力センサー

【図1】

